ORGANISATION ET GESTION DE LA PRODUCTION

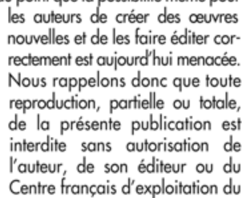
Cours avec exercices corrigés

Georges Javel
Ancien professeur des universités à l'IUT de Nantes

4e édition



Illustration de couverture : Digital Vision®



ISBN 978-2-10-055497-3

Table des matières

L'entreprise « fonctionnelle »



1.1 Visions de l'entreprise

1.1.1 Le système entreprise

Rappelons tout d'abord que le but d'une entreprise est, avant tout, de fabriquer des biens ou fournir des services pour satisfaire les besoins du marché. L'entreprise s'inscrit dans un contexte relationnel économique CLIENT/FOURNISSEUR (l'entreprise jouant alternativement, dans ce contexte, l'un et l'autre rôle).



Figure 1.1 – **L'entreprise dans son contexte client/fournisseur.**

Ne sont indiqués, dans cette représentation et la suivante, que les flux de produits et les flux financiers. En fait, il en existe d'autres (flux de personnel, de communication, d'information…) mais, nous nous concentrerons plus, par la suite, sur les flux de production.

1.1.2 Le système de production

Le système de production regroupe l'ensemble des ressources qui conduisent à la création de biens ou de services. Afin de réaliser ses objectifs, l'entreprise possède trois types de ressources :

- des ressources physiques ;
- des ressources humaines ;
- des ressources financières.

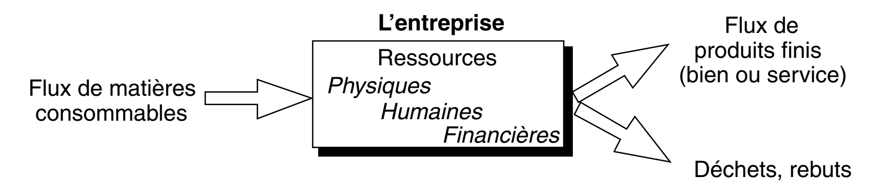


Figure 1.2 – **Le système de production.**

1.1.3 La fonction production

Définition

La fonction production consiste à *produire*, en *temps voulu*, les *quantités demandées* par les clients dans des conditions de *coût de revient* et de *qualité* déterminés en *optimisant* les ressources de l'entreprise de façon à assurer sa *pérennité*, sa *compétitivité* et son *développement*.

Remarque

Dans cette définition tous les mots en *italique* ont leur importance. Dans l'objectif d'avoir une bonne gestion de production, tous les concepts qu'ils représentent doivent être traités simultanément.

a) Produire

Le but de toute entreprise industrielle est, bien évidemment, de produire des biens ou des services qu'elle mettra à disposition des consommateurs.

b) Temps voulu

Ce concept consiste, comme son nom l'indique, à fabriquer ou approvisionner des produits juste à temps, c'est-à-dire **ni trop tôt** (immobilisations financières), **ni trop tard** (insatisfaction des clients ou pénalités pour retard). C'est la caractéristique de la production JUSTE À TEMPS (JAT ou JIT : Just In Time) qui est actuellement une des conditions d'une bonne gestion de production.

c) Quantités demandées

Jusqu'il y a encore peu d'années, tout responsable de production intégrait, pour avoir l'assurance de satisfaire les commandes, un taux de rebut dans les quantités de produits à fabriquer. Il en fabriquait donc plus que nécessaire, ce qui se traduisait toujours par une augmentation des coûts et souvent une augmentation des stocks. Il devient donc nécessaire d'améliorer la qualité de l'outil de production pour ne fabriquer que les quantités explicitement demandées.

d) Coût de revient déterminé

Afin d'acquérir un avantage concurrentiel sur le marché, la recherche d'un coût de production le plus faible possible est le souci permanent de tout responsable d'entreprise.

De plus, lors de la négociation d'un marché, l'entreprise s'engage, vis-à-vis du client, à fournir une prestation, ou un produit, pour un prix donné. Elle doit donc, en permanence, veiller à ce que ses coûts ne soient pas prohibitifs par rapport à ses engagements financiers si elle souhaite dégager des bénéfices.

e) Qualité déterminée

La qualité d'un produit peut être envisagée sous deux aspects :

– **La qualité liée à la conception du produit**. Celle-ci, fixée par le bureau d'étude, doit être le reflet du vrai besoin de client. Elle entrera, pour une part non négligeable dans la

détermination du prix du produit. En conséquence, **la sur-qualité est aussi préjudiciable que la sous-qualité**.

– **La qualité liée à l'élaboration du produit**. Une démarche « Qualité » dans une entreprise peut lui faire obtenir des **gains substantiels** en évitant de prendre en compte, entre autre, le taux de rebut. Il faut souligner que la démarche qualité est un préalable à la mise en place de certaines organisations de gestion de production alors que pour d'autres, elle ne l'est pas. Toutefois, nous conseillons vivement à tout chef d'entreprise, soucieux d'améliorer les performances de son outil de production, de conduire une telle démarche.

f) Optimisation des ressources

Comme pour les quantités, les habitudes des responsables de production sont d'essayer d'atteindre le maximum de production sur chaque machine. Actuellement, il est très facile de démontrer que cette démarche est mauvaise. Cette optimisation ne signifie donc pas « **réaliser le maximum de pièces sur les différentes ressources de l'entreprise** », mais consiste à **réguler le rythme de la production** afin de minimiser les temps improductifs et d'éviter les mauvaises utilisations des ressources en améliorant la rentabilité.

g) Pérennité

Dans le contexte économique actuel où chaque jour nous constatons des fermetures d'entreprises, le principal objectif d'un chef d'entreprise est, avant tout, d'avoir une entreprise saine qui dure dans le temps.

h) Développement

L'autre préoccupation principale du chef d'entreprise est le développement de son outil de production. Pour cela, il doit gagner des parts du marché ce qui lui impose d'être plus performant que ses concurrents.

i) Compétitivité

Pour assurer cette pérennité et ce développement, l'entreprise doit devenir plus compétitive, c'est-à-dire proposer, plus rapidement aux consommateurs, des produits moins chers répondants à leurs besoins.

1.2 Organisation d'une entreprise

1.2.1 La vision taylorienne

Il est de coutume de présenter l'entreprise avec une vision hiérarchique, matérialisée par le fameux « organigramme de l'entreprise ». Celui-ci faisait généralement apparaître une structure de l'entreprise composée de cinq fonctions principales assurées par trois directions :

– **Fonction financière** qui concerne l'optimisation des ressources financières de l'entreprise. Cette fonction est assurée par la « direction financière et administrative ».

– **Fonction Marketing** dont le rôle est d'appréhender le besoin de la clientèle (spécifications, volume, échéancier). Cette fonction est assurée par la « direction commerciale ».

– **Fonction Production** qui regroupe la conception et la réalisation du besoin de la clientèle dans les conditions imposées par les objectifs définis par le chef d'entreprise (coût, délais, qualité…). Cette fonction est assurée par la « direction technique ».
– **Fonction Logistique** qui assure la diffusion du produit fabriqué. Cette fonction est assurée par la « direction commerciale ».
– **Fonction Personnel** qui concerne la gestion du personnel nécessaire à la bonne marche de l'entreprise. Cette fonction est assurée par la « direction financière et administrative ».

Cette organisation pouvait se représenter par l'organigramme simplifié suivant :

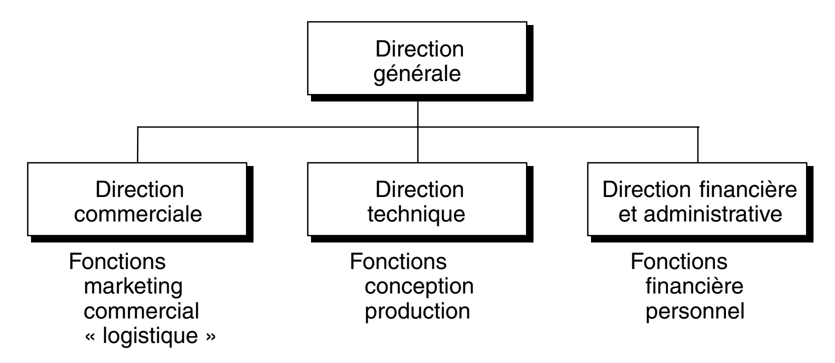


Figure 1.3 – **Organigramme simplifié d'une entreprise.**

1.2.2 La vision ISO 9000 version 2000

a) L'évolution de la notion de client

➤ *Le client roi*

La *techné*, chez les Grecs, signifiait « *le secret* ». La connaissance se transmettant de père en fils. Nous retrouvons, dans les villages africains, le forgeron qui se garde bien de transmettre à un autre (personne extérieure à sa famille proche) son secret.

C'est l'artisan qui réalise l'œuvre unique pour son client car il le connaît et se sent très responsable de sa fabrication.

À l'opposé de la *techné* (celui qui sait mais n'en dit rien) s'opposait, déjà, la rhétorique (celui qui ne sait rien mais sait en parler). Ne retrouve-t-on pas, encore de nos jours, l'opposition entre science dure et science molle et notre difficulté à faire, enfin, une fusion entre les deux.

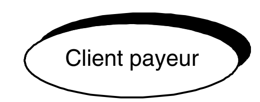


Figure 1.4 – **Le premier client de l'entreprise.**

➤ *L'actionnaire roi*

Deux « traîtres » vont, un jour, dévoiler ces secrets et en faire une encyclopédie : Diderot et d'Alembert. Naissance d'une logique production de masse ↔ consommation de masse. En fabricant différemment, nous pouvons diminuer le prix de vente, donc augmenter la consommation ; pour cela, il faut acheter des machines.

Dans le coût de revient, il faut prévoir le remboursement du capital emprunté. Naissance du capitalisme et apparition d'un nouveau client : *l'actionnaire*. Il apparaît en haut de la pyramide hiérarchique et ce client actionnaire devient omniprésent.

L'offre étant plus faible que la demande, le client payeur n'a pas le choix : « *Voilà le produit qui est bon pour toi* ». Henri Ford disait : « *Je veux que tous les Américains aient une voiture, du moment que c'est une Ford de modèle T et noire* » !

Nous avons donc :

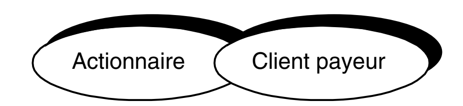


Figure 1.5 – Les deux premiers clients de l'entreprise.

➤ *Le retour du client (mais l'actionnaire se fait entendre toujours)*

Face au développement économique mondial, on constate la création d'une concurrence importante par l'accélération des moyens de communication. Le client payeur a donc l'hyperchoix devant une offre pléthorique.

On constate une inversion de logique ; nous entrons, de nouveau, dans une logique client et celui-ci veut donc le produit, les services pour un coût le plus bas possible. Il y a donc grand écart entre actionnaire et client payeur.

➤ *L'état réagit*

L'entreprise va, peu à peu, devoir appliquer les règlements, décrets, lois, imposées par l'état ou l'Europe :

– Concernant les salariés

Congés payés, droit de grève, accidents du travail, passage des 39 h aux 35 h… Le salarié devient un client de l'entreprise.

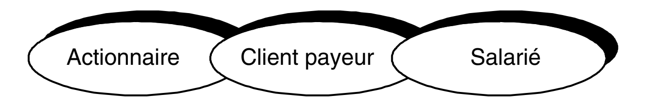


Figure 1.6 – Les trois clients d'une entreprise.

– Concernant la collectivité

Loi sur les installations classées pour la protection de l'environnement (loi Seveso), loi sur les déchets, prise en compte de l'éco-emballage, création d'emploi…

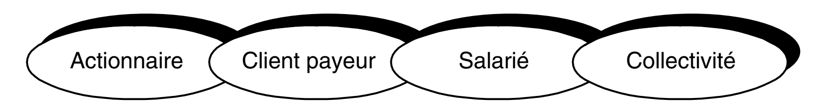


Figure 1.7 – Les quatre clients d'une entreprise.

Nous retrouvons ces principes dans les différents prix de la qualité (EFQM, Baldridge, Deming…).

b) Les besoins à satisfaire (la valeur)

Maintenant que nous avons les clients. Il suffit d'analyser leurs besoins en se posant la question : « *qu'est-ce qu'ils attendent de nous ?* ». Nous avons donc une notion de besoins à satisfaire, mais aussi de valeur. Cette valeur peut être ramenée à des coûts financiers mais pas obligatoirement.

c) Vision fonctionnelle de l'entreprise

Dans la représentation « taylorienne », le « CLIENT » n'apparaît pas. Les normes ISO 9000 version 2000, qui visent à mettre en évidence la satisfaction client, nous conduisent à représenter, maintenant, l'entreprise par un réseau de fonctions (ou de processus) comme le montre la figure ci après.

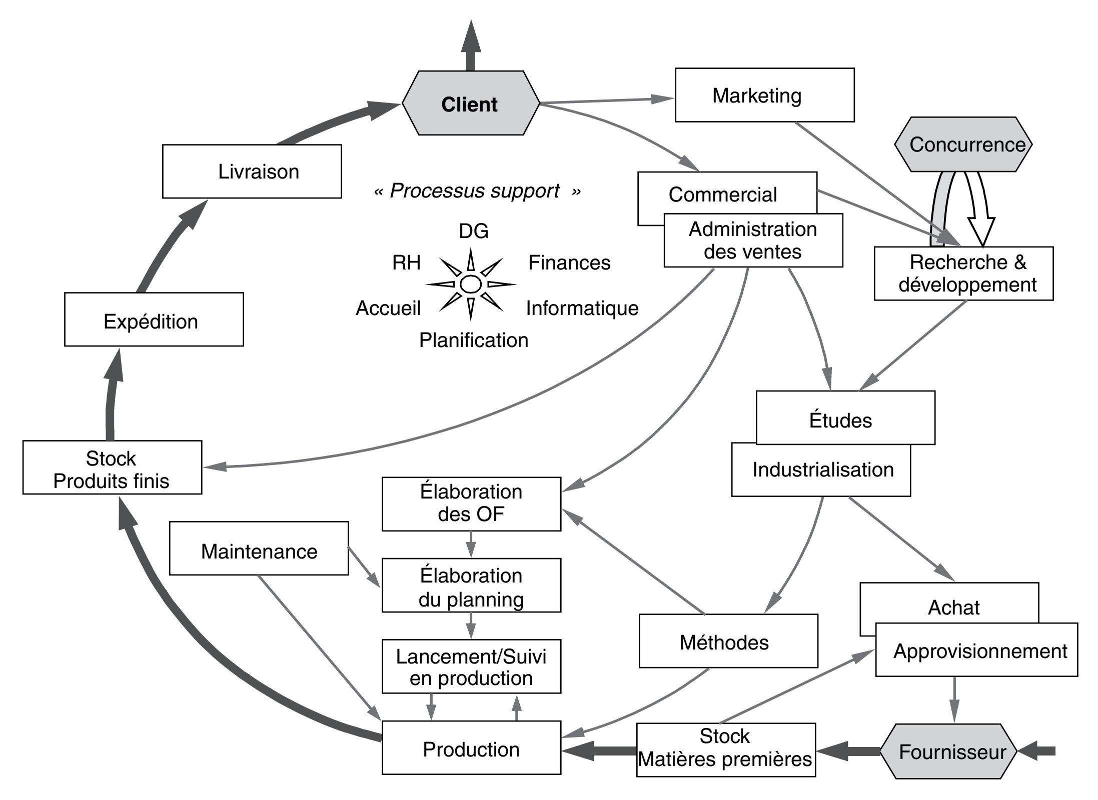


Figure 1.8 – **L'entreprise, un réseau de processus.**

1.3 Objectifs de la gestion de production

1.3.1 Rappels comptables

Nous n'entrerons pas, ici, dans l'explication des mécanismes comptables, mais il est bon de rappeler les deux documents de base nécessaires à la compréhension du « Pourquoi la gestion de production ? ».

Toute entreprise est soumise, par la loi, aux règles de la comptabilité publique. La comptabilité générale a pour objet de décrire la situation et l'évolution du patrimoine de

l'entreprise. Obligatoire dans son principe et dans sa forme, elle aboutit à la production de résultats globaux annuels présentés dans deux documents principaux : le « **bilan** » et le « **compte de résultat** ».

a) Le bilan

C'est la situation, à une date précise (fin de l'exercice comptable), des emplois et des ressources de l'entreprise appelés respectivement l'actif et le passif. Depuis l'application du plan comptable de 1982, les valeurs de l'actif sont présentées par ordre croissant de leur disponibilité alors que celles du passif le sont par ordre croissant de leur exigibilité.

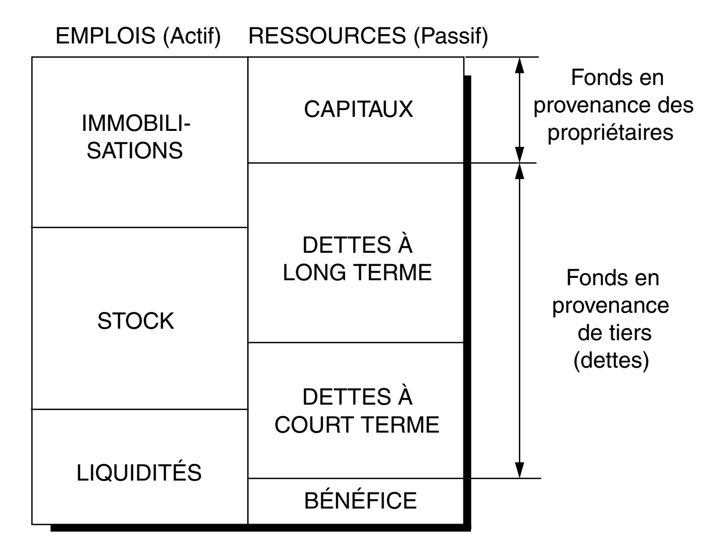


Figure 1.9 – **Bilan.**

Le bilan ne représente que la photo instantanée des différents comptes de l'entreprise qui n'est pas analysée de la même façon suivant que l'on fait partie du personnel, que l'on soit juriste, économiste ou banquier. Sur le plan juridique, l'actif représente les biens de l'entreprise et le passif, les dettes. Du point de vue économique, le passif représente l'origine des ressources de l'entreprise et l'actif indique comment celles-ci sont employées. Le banquier vérifiera, à la lecture du bilan, l'équilibre financier et l'équilibre de la trésorerie de l'entreprise avant d'honorer toute demande de prêts ou d'avance de fonds.

Le bilan est souvent la base de départ de différentes analyses de l'entreprise. Suivant le type d'analyse que l'on désire effectuer, on définit un certain nombre de ratios tels que : la rentabilité des capitaux, le taux d'endettement… Afin d'éviter de tirer de fausses conclusions l'analyse n'est jamais faite sur un seul bilan mais il est courant d'étudier une entreprise sur 3 à 5 exercices comptables successifs.

b) Le compte de résultat

Le fonctionnement de l'entreprise entraîne des achats de matériels, des dépenses de fonctionnement (salaires, charges) et réalise des ventes de produits.

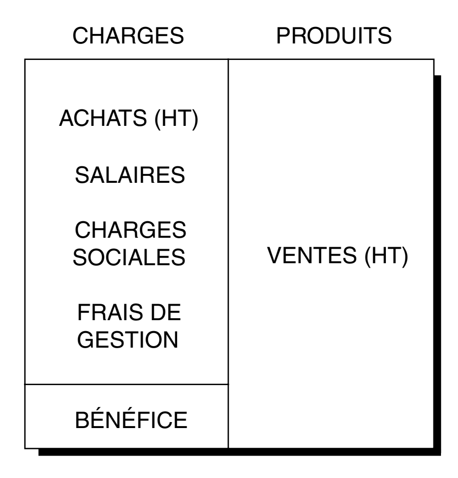


Figure 1.10 – **Compte de résultat.**

Le compte de résultat sert à constater, regrouper et cumuler les consommations et les productions d'une période qui correspond généralement à l'exercice comptable.

Le compte de résultat peut être considéré également comme un outil de gestion. En effet il s'avère être un excellent tableau de bord pour le chef d'entreprise en lui permettant d'analyser régulièrement les tendances financières de son affaire. Pour cela il établira périodiquement, à la semaine, à la quinzaine, au mois ou au trimestre l'état de ses dépenses et de ses recettes.

1.3.2 Objectifs du chef d'entreprise

Tout chef d'entreprise souhaitant développer son système de production est amené à agir dans plusieurs directions. Il cherchera en permanence à :

a) Minimiser les risques de l'entreprise

Les risques de l'entreprise se traduisent toujours par des problèmes financiers. Il est courant d'entendre, lors de la cessation d'activité d'une entreprise : « *Il y a eu de grosses erreurs de gestion* ».

En étudiant le bilan comptable, nous pouvons remarquer que certains postes financiers, que ce soit des postes d'emplois ou des postes de ressources, évoluent plus rapidement que d'autres. C'est ainsi que l'on peut remarquer :

- une variation relativement lente des postes « Immobilisations », « Capitaux » et « Dettes à long terme » ;
- une variation rapide des postes « Stock », « Liquidités » et « Dettes à court terme ».

Dans le premier cas, les risques sont induits par l'importance et l'irréversibilité des décisions de quelques responsables. Dans le second, ils sont induits par la rapidité et la fréquence des décisions de beaucoup de responsables qui ne sont pas toujours conscients des implications financières de leurs actes.

Dans le cas de difficultés de l'entreprise, nous pouvons remarquer que, souvent, le premier cas de risques représente la partie visible de l'iceberg alors que le second en représente la partie cachée.

Conseil : La gestion de production sera alors l'outil qui permettra d'aider l'ensemble du personnel manipulant un grand nombre d'informations à variation rapide dans son travail quotidien.

b) Optimiser les stocks

Plusieurs raisons peuvent conduire les responsables d'entreprise à revoir leur politique de stock. En effet, bon nombre de personnes (médias, sociétés de conseil…) font la promotion du « STOCK ZÉRO ». Pour notre part, nous sommes moins affirmatifs et nous préconisons plutôt de trouver l'optimum du stock à posséder. Pour cela, il est nécessaire d'analyser les avantages et les inconvénients relatifs à un stock nul.

– **Avantages d'un stock nul** : une politique de stock nul permet
  - de dégager l'argent immobilisé : l'achat du stock étant couvert par
    - les capitaux, il est possible de mettre en évidence le « manque à gagner » financier car très souvent, sauf en cas de spéculation, le stock ne rapporte pas ;
    - des prêts, et dans ce cas, l'argent dégagé correspond aux intérêts payés par l'entreprise.
  - de libérer l'espace utilisé, induisant immédiatement une réduction des charges ; le magasinage des produits nécessite la mise à disposition
    - d'immobilier : ensemble des surfaces couvertes nécessaires au magasin ;
    - de mobilier : ensemble de rayonnages permettant le rangement des produits.
  - de minimiser le coût des primes d'assurance ;
  - de diminuer les risques de détérioration lors des manutentions ou par dépassement de la date de péremption ;
  - de diminuer les risques de vol ;
  - de diminuer les risques d'obsolescence ;
  - de mettre en évidence les dysfonctionnements de l'entreprise (ceci est un avantage à condition d'y remédier rapidement sinon cela devient vite un inconvénient).

– **Inconvénients d'un stock nul** : une politique de stock nul nécessite par contre
  - de prévoir les achats ;
  - d'avoir des délais de livraison fiables et faibles (ou nuls) ;
  - de ne pas pouvoir satisfaire immédiatement une demande aléatoire ;
  - d'augmenter la vulnérabilité de l'entreprise en cas de problèmes de transport (intempéries, grèves…).

Conseil : La gestion de production sera alors un outil d'aide à la gestion des stocks.

c) Diminuer le poids des en-cours

Pour fabriquer un produit, l'entreprise est obligée d'engager des dépenses correspondant à des achats matière et des frais de transformation (salaires, frais de fonctionnement, charges…). Tant que le produit n'est pas vendu, ou plus exactement payé par le client, l'entreprise est obligée de faire une avance de trésorerie.

Nous définirons donc l'EN-COURS de production comme l'ensemble des dépenses relatives à des fabrications non encore payées et non enregistrées en stock :

En-cours = Coûts matière + Salaires + Frais de fonctionnement

Nous pouvons facilement comprendre que plus la durée de fabrication est longue plus le poids des en-cours est important pour une entreprise.

Diminuer les en-cours revient donc à diminuer :

- le coût des matières ;
- le poids des salaires. Partant du principe de ne pas baisser les salaires mensuels des employés, cela revient à diminuer la part des salaires affectés directement à la fabrication des produits. Pour se faire, il est nécessaire d'augmenter la productivité ;
- les frais de fonctionnement.

La gestion de production sera alors un outil de maîtrise et de pilotage des flux de production.

d) Diminuer le coût de revient des produits

Dans une économie de croissance, ou en position de monopole, les entreprises se contentent de produire, sans se soucier particulièrement du coût des produits, et d'appliquer une marge bénéficiaire qui leur assure une bonne croissance. Ces entreprises appliquent, dans ce cas, la formule :

Prix de vente = Coût de revient + Marge

En économie de marché, l'effet de la concurrence change les données du problème. En effet, le prix de vente n'est plus déterminé par l'entreprise mais il est fixé par la loi du marché. Les entreprises doivent alors résoudre l'équation suivante :

Marge = Prix du marché – Coût de revient

L'entreprise n'a, actuellement, pas d'autre issue que de chercher à baisser les coûts de revient de ses produits pour :

- soit augmenter sa marge afin de pouvoir réinvestir ou distribuer des dividendes ;
- soit faire varier le prix de vente du marché, se donnant du même coup, un avantage concurrentiel.

Conseil : La gestion de production sera alors un outil de maîtrise des coûts.

e) Diminuer les délais

Pour les délais, le raisonnement est identique à celui des prix de revient. En effet, auparavant, les entreprises fixaient leurs délais commerciaux en s'accordant un délai de sécurité en plus de leurs délais de fabrication :

Délai commercial = Délai de fabrication + Marge

Actuellement, le délai commercial, devenu paramètre de compétitivité de l'entreprise, est fixé par la loi du marché. L'entreprise est donc conduite à raisonner de la manière suivante :

Marge = Délai commercial – Délai de fabrication

La gestion de production sera alors un outil de maîtrise des temps et d'aide à la diminution des délais.

1.3.3 Conséquences

La gestion de production est un outil mis à la disposition d'un chef d'entreprise pour l'aider dans son rôle de « manager ». Toutefois, cet outil ne sera pas le seul artisan de l'amélioration de son entreprise. Il devra, également, agir dans d'autres domaines et cela peut le conduire à :

a) Reconcevoir les produits

Trop souvent, les produits sont conçus dans les bureaux d'études sans penser à leur fabrication. Il faut savoir que de nombreux choix ont été fixés lors de la conception des produits et que beaucoup d'objectifs visés par la gestion de production (diminution des coûts, des délais) peuvent être atteints en reconcevant les produits. Une démarche d'analyse de la valeur peut conduire à diminuer la quantité de matière et le nombre des composants nécessaires à la réalisation des produits facilitant, ainsi, leur fabrication.

b) Optimiser les achats

Partant du principe qu'il n'est pas pensable d'approvisionner, dans le but de diminuer les coûts matière, des composants de moins bonne qualité, il faudra chercher à optimiser les achats (gestion des stocks, calcul des besoins, approvisionnement juste à temps, mieux acheter…).

c) Augmenter la productivité

Augmenter la productivité ne signifie pas uniquement produire plus vite à un poste de travail mais consiste à diminuer globalement le cycle de fabrication des produits. Il faut donc chercher à :

- améliorer la conception du produit au niveau du bureau d'études ;
- améliorer le processus d'élaboration du produit au niveau du bureau des méthodes ;
- diminuer les délais de production en
  - améliorant l'organisation de la gestion de production afin d'éviter les ruptures de flux de production (flux matière et flux d'information) ;
  - réorganisant les ateliers pour diminuer les temps de transfert ;
  - redéfinissant la politique de lancement en fabrication et de transfert des pièces.

d) Diminuer les frais généraux

Les frais généraux entrent pour une part non négligeable dans le prix d'un produit ; tout effort de réduction de ces frais se traduira soit par un avantage concurrentiel (répercussion des gains sur le prix des produits) soit par une augmentation de la marge bénéficiaire.

Il faut être conscient que tout gaspillage, ou toute lourdeur administrative, influe sur la détermination des frais généraux. Une prise de conscience de cet état de fait par l'ensemble du personnel peut conduire l'entreprise à réaliser des gains substantiels.

1.3.4 Paramètres de la gestion de production

a) Types d'entreprises

Il existe plusieurs façons de classifier une entreprise :

- suivant sa forme juridique ;
- suivant sa taille ;

- suivant sa structure ;
- suivant son secteur d'activité ;
- suivant la nature de sa production ;
- suivant son type de production ;
- suivant son mode de production.

En gestion de production, il est plus courant d'étudier une entreprise suivant les trois dernières classifications.

b) Forme juridique

Il existe plusieurs statuts d'entreprise dont les principales sont l'entreprise individuelle, l'EURL, la SNC, la SARL et la SA.

➤ *L'entreprise individuelle*

Dans ce type d'entreprise, il n'y a pas de capital imposé (celui-ci n'est qu'une simple notion comptable) et c'est l'entrepreneur qui en est le propriétaire et le seul maître. C'est lui qui prend les décisions mais il est responsable sur ses propres biens des dettes de l'entreprise.

➤ *L'EURL (entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée)*

Ce type d'entreprise appartient à l'entrepreneur. L'obligation de constituer un capital social d'un montant minimum a été supprimée par la loi pour l'initiative économique du 1er août 2003. Elle est donc soumise aux mêmes règles qu'une SARL classique, exception faite toutefois, des aménagements rendus nécessaires par la présence d'un associé unique. Cet entrepreneur peut désigner un gérant qui conduira l'entreprise sous son contrôle. La responsabilité de l'entrepreneur est limitée à ses apports mais peut être étendue à ses biens personnels en cas de faute grave de gestion.

➤ *La SNC (société en nom collectif)*

Ce type d'entreprise est créé par deux commerçants au minimum. Aucun capital n'est imposé à la création mais celui-ci est divisé en parts. La direction de l'entreprise est confiée à un ou plusieurs gérants qui sont nommés par les associés à la majorité simple et qui prennent les décisions sous le contrôle des associés. Dans ce type d'entreprise, chaque associé est responsable de la totalité des dettes de la société.

➤ *La SARL (société à responsabilité limitée)*

Ce type d'entreprise est constitué par une association de 2 à 50 personnes. L'obligation de constituer un capital social d'un montant minimum est supprimée par la loi pour l'initiative économique du 1er août 2003. La direction de l'entreprise est confiée à des gérants qui sont désignés par les statuts ou par décision des associés représentant plus de 50 % du capital. Les décisions de gestion sont prises par le gérant, les décisions ordinaires sont prises en assemblée à majorité simple et les décisions extraordinaires sont prises à la majorité de 75 % du capital. La responsabilité des dirigeants est limitée, théoriquement, à leurs apports mais elle peut être étendue à leurs biens personnels en cas de faute grave de gestion tandis que celle des associés est limitée à leurs apports.

➤ *La SA (société anonyme)*

Ce type d'entreprise nécessite une association de 7 membres ou plus pour constituer le capital de 37 000 euros au minimum (la moitié au moins doit être libérée à la constitution, le

reste dans les 5 ans – soit un montant libéré au jour de la création de 18 500 euros minimum). Deux administrateurs au moins, et douze au plus, sont nommés par les statuts ou par l'assemblée constituée d'au moins 50 % du capital. Les décisions de gestion sont prises par les membres du conseil d'administration qui ont désigné, parmi eux, un PDG (président directeur général) et éventuellement un DG (directeur général). Les décisions mises à l'ordre du jour des assemblées ordinaires doivent être prises à plus de la moitié des voix et les décisions mises à l'ordre du jour des assemblées extraordinaires doivent être prises à plus des deux tiers des suffrages exprimés. La responsabilité des dirigeants est limitée, théoriquement, à leurs apports mais elle peut être étendue à leurs biens personnels en cas de faute grave de gestion. La responsabilité des associés est limitée à leurs apports.

c) Taille

La taille n'est pas une classification d'entreprises en elle-même. Par contre, elle prend toute son importance en fonction d'un problème donné. Toutefois, il est à noter deux tailles de référence dans presque toutes les obligations des entreprises (11 et 50 employés).

➤ *Entreprise de 1 à 10 employés*

Il y a peu d'obligations particulières pour cette taille d'entreprise. La principale concerne le licenciement du personnel où l'employeur a l'obligation de consulter les représentants du personnel et d'informer l'administration.

➤ *Entreprise de 11 à 49 employés*

À partir de 11 employés, il y a obligation d'avoir des délégués du personnel et l'entreprise doit contribuer au financement de la formation continue et aux transports en commun.

En matière de licenciement, l'entreprise doit consulter les représentants du personnel et l'administration effectue un contrôle sur le projet de licenciement et sur la régularité des procédures.

➤ *Entreprise de plus de 50 employés*

À partir de 50 employés, il y a obligation d'avoir un comité d'entreprise et des délégués syndicaux en plus de délégués du personnel. Comme pour la taille précédente, l'entreprise doit contribuer au financement de la formation continue ainsi qu'aux transports en commun.

En matière de licenciement, au-delà d'un certain nombre d'employés, l'employeur est obligé de mettre en œuvre un plan social.

d) Structure de l'entreprise

➤ *Organisation simplifiée*

Nous avons vu précédemment qu'il est possible, dans un souci de simplification, de considérer que l'organisation de toute entreprise est composée de cinq fonctions principales assurées par les directions « commerciale », « technique » et « financière et administrative ».

➤ *L'entreprise dans son développement structural*

L'organisation d'une entreprise diffère suivant sa taille. Plus sa taille augmente, plus elle est structurée et plus les responsabilités sont diluées. C'est ainsi que l'on peut représenter l'entreprise dans son développement structural, de l'entreprise « familiale » au « holding ».

Dans l'entreprise familiale, c'est le directeur de l'entreprise qui assure à lui seul la synchronisation de toutes les fonctions. La dimension de son entreprise lui permet d'avoir une vue globale des problèmes et c'est lui qui assure, peut-être sans le savoir, la gestion de production. Dans ce type d'entreprise, la gestion informatique de la gestion de production n'est pas souvent indispensable.

Dans une grosse entreprise, les fonctions sont plus structurées et plus hiérarchisées et il existe généralement une gestion de production. Celle-ci s'appuie souvent sur des principes tayloriens qui ne sont plus, actuellement, garants d'une bonne performance. Ces entreprises sont confrontées à des restructurations industrielles qui intègrent toutes les avancées en matière de gestion de production. De même, en ce qui concerne l'informatique, ces entreprises ont souvent développé un produit interne qui ne répond plus aux exigences des nouvelles organisations de production.

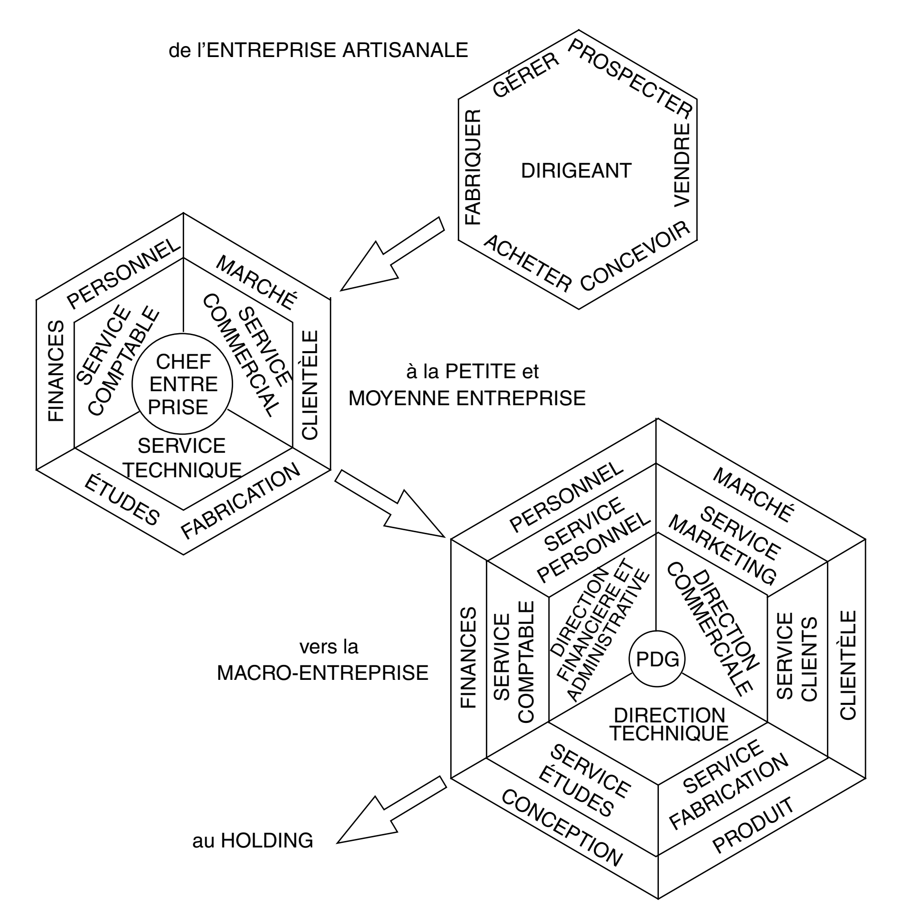


Figure 1.11 – **De l'entreprise artisanale au holding.**

C'est dans les PMI que le problème se fait actuellement le plus ressentir. En effet, les fluctuations rapides des besoins des clients et leur taille ne permettent plus au chef d'entreprise de piloter efficacement sa production. L'informatique, lorsqu'elle existe est surtout implantée dans les services administratifs et l'entreprise doit vivre, pour se développer, une véritable révolution culturelle.

e) Métier – Secteur d'activité

Il est très courant d'entendre dire qu'une entreprise est du secteur de la mécanique, de l'électronique, de l'agroalimentaire… En fait, il est possible de voir l'entreprise de différentes manières suivant l'analyse de son activité économique.

➤ *Secteur d'activité*

Il existe trois grands secteurs d'activité :

- le secteur primaire : il correspond aux entreprises visant à produire les principales matières premières. On retrouve dans cette catégorie les entreprises du domaine de l'agriculture, de la pêche…
- le secteur secondaire : il regroupe toutes les entreprises de transformation des matières premières ;
- le secteur tertiaire : il regroupe les entreprises de services.

Jusqu'à maintenant, nous avons vu un très fort développement de la gestion de production dans les entreprises du secteur secondaire mais actuellement on constate un intérêt de plus en plus grandissant de ce domaine dans les entreprises du secteur tertiaire (banques, conseil…).

➤ *La nomenclature d'activité*

Chaque entreprise se voit communiquer par l'INSEE, lors de sa création, un numéro de code APE (activité principale exercée) en référence à une nomenclature d'activités et de produits. Celle qui était en vigueur en France depuis 1973, « NAP73 », est remplacée par un autre dispositif, la NAF (Nomenclature d'activités française), traduisant la mise en place, au niveau communautaire, d'un langage statistique commun articulé autour de nomenclatures communes. La NAF est une adaptation de la NACE (Nomenclature d'activités des communautés européennes), elle-même dérivée de la CITI (Classification internationale par type d'industrie) de l'ONU.

Le code APE est composé de trois chiffres et d'une lettre. La section et sous-section d'appartenance de ce code sont codées chacune par une lettre. À titre d'exemple, l'activité d'une entreprise peut se décliner de manière arborescente de la façon suivante :

Section	: D	Industrie manufacturière
Sous-section	: DL	Fabrication d'équipements électriques et électroniques
Division	: 30	Fabrication de machines de bureau et de matériel informatique
Groupe	: 30.0	Fabrication de machines de matériels de bureau et d'informatique
Classe NAF	: 30.0A	Fabrication de machines de bureau

Le code APE de cette entreprise est 30.0A.

De façon similaire, les produits réalisés par une telle entreprise suivent la codification CPF (Classification des produits française). Ce code est constitué de 6 chiffres et correspond, pour la racine, au code NAF d'appartenance.

Section	: D	Industrie manufacturière
Sous-section	: DL	Équipements électriques et électroniques
Division	: 30	Machines de bureau et matériel informatique
Groupe	: 30.0	Machines de bureau et matériel informatique
Classe NACE	: 30.01	Machines de bureau
Catégorie	: 30.01.1	Machines à écrire et à calculer

Ss-catégorie :	30.01.11	Machines de traitement de texte
	30.01.12	Machines à écrire
	30.01.13	Machines à calculer et machines comptables
	30.01.14	Parties et accessoires de machines à écrire

f) Nature de la production

➤ *Entreprise fournissant des services*

L'activité de l'entreprise est orientée vers la production d'un service, ou d'une prestation intellectuelle, non matérialisée par un produit.

Dans ce type d'entreprise, l'outil de production, de type machine-outil, est inexistant.

Exemple : bureaux d'études…

➤ *Entreprise fabriquant des produits par montage*

Pour réaliser ses produits, l'entreprise achète tout d'abord des éléments manufacturés qu'elle assemble ensuite pour fabriquer les produits finis destinés aux clients.

Cette entreprise se caractérise par un outil de production dont les postes de travail n'impliquent pas spécialement des investissements très lourds.

Exemples : industries de l'électronique, assemblier…

➤ *Entreprise fabriquant des produits après transformation de la matière*

La fabrication des produits finis de ce type d'entreprise, nécessite une transformation de la matière première (apport, enlèvement, déformation…).

L'outil de production est constitué de postes de travail (machines-outils) de coûts généralement très élevés (chiffrés en centaines de milliers ou en millions d'euros). La part d'investissement est, de ce fait, très importante.

Exemples : industries de mécanique, industries de l'électronique (fabrication de composants)…

g) Modes de production

Le mode de production caractérise le processus de réalisation d'un produit.

➤ *Production continue*

La production continue concerne des produits dont le processus de transformation des matières ne doit pas s'interrompre entre deux postes de travail consécutifs, c'est-à-dire sans stockage intermédiaire entre les postes. On parle souvent dans ce cas « d'industrie de process ».

Les procédés de transformation mis en œuvre dans ce type de production imposent des investissements considérables qui ne sont rentabilisés que grâce à un taux élevé d'utilisation et à une très forte automatisation. Dans ce type de production les postes de transformation sont disposés en lignes de produits qui nécessitent un bon équilibrage, c'est-à-dire :

- une vitesse régulière de transformation et de transfert,
- un système d'approvisionnement efficace.

On a recours à ce type de production lorsque l'on a un volume important de production et une bonne stabilité de la demande.

Exemple : raffineries de pétrole, cimenteries…

➤ *Production discontinue*

Dans cette production, également appelée « production discrète », chaque produit est réalisé suivant un processus de production qui peut être fractionné pour permettre la reprise de produits semi-finis. La production discontinue peut-être séquentielle ou non.

L'optimisation d'une telle production vise à minimiser les en-cours, les retards… et à maximiser l'occupation des moyens de production.

Exemple : industries manufacturières…

➤ *Production flow-shop/job-shop*

Dans une production de type « flow-shop », les produits subissent une même séquence d'opérations avec des temps opératoires éventuellement différents.

Dans une production de type « job-shop », l'élaboration du produit entraîne une utilisation des postes de charge dans un ordre variable en fonction de son processus d'élaboration. Généralement, ceux-ci sont regroupés en sections homogènes ou en îlots de fabrication.

➤ *Production hybride*

La plupart des systèmes de production actuels sont de plus en plus organisés autour d'une chaîne de production fortement automatisée. Un tel système peut alors se décomposer en trois sous-systèmes :

- un sous-système de production discontinue, en amont de la chaîne automatisée de production, chargé de la préparation des composants nécessaires à la production de la chaîne ;
- un sous-système de production continue représenté par la chaîne de production ;
- un sous-système de production discontinue en aval de la chaîne, chargé de la personnalisation, du conditionnement et de l'expédition des produits finis réalisés par la chaîne.

Ces trois sous-systèmes communiquent, entre eux, par un stock suivant le principe suivant :

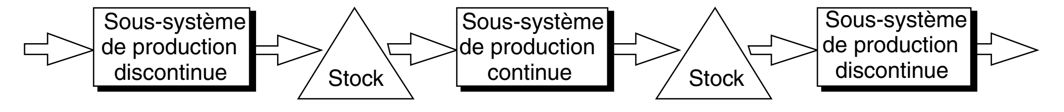


Figure 1.12 – Modèle d'une production hybride.

Exemple : industries agroalimentaires, production manufacturière grande série…

➤ *Production en flux poussé/flux tiré*

Dans une production à flux poussé, on fabrique les produits à partir de prévisions de ventes, ou de commandes fermes, et les ordres concernant la fabrication sont transmis de façon à réaliser progressivement les produits.

Dans une production à flux tiré, on fabrique les produits pour remplacer les produits qui ont été vendus. Les ordres concernant la fabrication sont transmis de façon à terminer les produits ou les sous-ensembles déjà en cours de fabrication en fonction de la demande réelle.

h) Types de production

Le type de production d'un produit se caractérise par la quantité de produits à fabriquer lancée en une fois et s'applique uniquement dans le cas de production discontinue.

➤ *Production par lot*

Dans ce type de production, le même outil de production est utilisé pour fabriquer une grande variété de produits analogues mais non identiques. Le lot de fabrication peut-être composé de quelques unités à quelques centaines d'unités. Chaque changement de lot de fabrication nécessite un nouveau réglage qui peut aller jusqu'à une reconfiguration complète du poste. Ceci se traduit par un abaissement du taux d'occupation des postes entraînant inéluctablement une augmentation du prix de revient des produits fabriqués.

Malgré ces inconvénients, ce mode de production est utilisé par le plus grand nombre d'entreprises, déterminé en terme de main-d'œuvre directe ou en terme de capital investi, car il offre une plus grande souplesse de réaction face aux demandes des clients.

Exemple : équipements industriels…

➤ *Production unitaire*

C'est un cas particulier de la fabrication par lot. Dans ce type de production, le produit est fabriqué à l'unité, ou en très petite série, conformément à un besoin spécifique. La réalisation de tels produits nécessite généralement beaucoup de main-d'œuvre impliquant un cycle de production relativement long.

Exemple : bâtiments, construction navale, aéronautique…

➤ *Production de masse*

Dans un tel mode, les produits sont fabriqués en très grande quantité. Ce sont des produits standards ou similaires qui nécessitent l'utilisation d'un outil de production spécialisé constitué de machines « transfert ». Ce sont des machines très onéreuses qui, du fait de leur spécificité, doivent être amorties sur la durée de la fabrication.

Exemple : électroménager, automobiles…

i) Types de fabrication

➤ *Définition*

Le type de fabrication d'un produit permet de définir la relation client/entreprise. Il caractérise le type de disponibilité et de spécifications des produits fabriqués.

➤ *Fabrication à la commande*

Elle concerne les produits coûteux, spéciaux ou prototypes. Dans ce cas, le produit n'est pas disponible au moment de la commande et nécessite un délai de réalisation. De plus, le prix n'est pas standard et il se négocie, en même temps que les délais, à la commande.

Exemple : immeubles, navires, ouvrages d'art…

➤ *Fabrication pour stockage*

Elle concerne des produits peu coûteux ou d'usage général qui sont fabriqués en grande quantité. Le produit est disponible immédiatement à la vente à un prix standard fixé par

catalogue. La production est souvent une production de masse ou une production par lot économique.

Exemple : électroménager, matériel hi-fi…

➤ *Fabrication mixte*

Cette fabrication est un dérivé de la fabrication à la commande. Afin de diminuer les délais de réalisation, les produits sont conçus de telle sorte qu'il est possible de fabriquer des sous-ensembles suivant une politique de fabrication sur stock et ne conserver la personnalisation du produit final par assemblage de ces sous-ensembles qu'au moment de la commande. Toutes les entreprises qui souhaitent améliorer leurs performances vis-à-vis de leurs clients tendent à choisir, de plus en plus, ce type de fabrication.

Exemple : lotisseurs, navigation de plaisance…

1.3.5 Différentes perceptions de la gestion de production

a) Préliminaires

En faisant une recherche bibliographique et en visitant de nombreuses entreprises, nous pouvons facilement nous rendre compte qu'il n'existe pas de définition exhaustive de la Gestion de Production. En fait, chacun effectue ses regroupements personnels en fonction de ses problèmes. C'est ainsi que, si vous réunissez plusieurs spécialistes en gestion de la production de plusieurs entreprises, vous constaterez qu'ils n'ont pas la même vision de cette gestion de production. Les exemples qui suivent, montreront ces différentes visions.

b) Entreprise fournissant des services

Dans ce cas, l'outil de production est inexistant. La gestion de production se ramène à une GESTION D'AFFAIRE permettant de maîtriser les délais et les coûts.

Suivant l'activité de l'entreprise, il est possible de mettre en évidence des besoins en bureaux d'études ou en méthodes, mais en aucun cas nous n'aurons de vrais problèmes de gestion des stocks ou d'ordonnancement.

c) Entreprise fabriquant des produits par montage

Nous avons vu, précédemment, que l'activité de ce type d'entreprise consiste à assembler des produits manufacturés. Nous pouvons mettre en évidence des problèmes dans toutes les fonctions de l'entreprise, mais le problème crucial est la GESTION DES STOCKS. En effet, la moindre rupture d'approvisionnement, ne fût-elle même que celle d'un seul composant, peut stopper toute activité de production.

d) Entreprise fabriquant des produits après transformation de la matière

Une des caractéristiques de ce type d'entreprise concerne le poids des investissements dans l'outil de production. Un des soucis majeurs, sera bien évidemment d'effectuer de bons choix de machines-outils et par là même la fonction FABRICATION aura une grande importance. Toutefois, il n'en reste pas moins vrai que le véritable souci sera la bonne utilisation de ces moyens de production mettant en avant le problème de l'ORDONNANCEMENT.

e) La communication dans l'entreprise

Quel est le responsable de production qui n'a pas eu à résoudre dans sa carrière un problème de retard de livraison d'une commande ? Le plus souvent, c'est le dernier maillon de la chaîne qui est apparemment fautif. Sa défense consiste souvent à accuser son prédécesseur de son non-respect des délais. Par approche successive, on peut remonter ainsi très loin en disant « ce n'est pas moi, c'est l'autre ». On met ainsi en évidence des problèmes de communication que l'on retrouve dans toutes les entreprises mais, on peut se rendre compte que ces problèmes sont plus ou moins sensibles suivant l'origine et la formation des employés.

C'est ainsi que, dans le cas précédent avec existence d'un bureau d'études dans l'entreprise, on risque de trouver de forts problèmes entre la fonction MÉTHODES et la fonction ÉTUDES (les gens des méthodes étant souvent, dans ce cas, des anciens employés de l'ordonnancement ou de la fabrication).

Lorsque la fonction études ne fait pas partie intégrante de l'entreprise, pour des raisons géographiques ou de structure, on s'aperçoit alors que la fonction MÉTHODES a pris de nombreuses prérogatives et les problèmes apparaissent entre la fonction MÉTHODES et l'ORDONNANCEMENT.

Sur ces deux exemples, extraits de beaucoup d'autres, nous pourrons remarquer que la gestion de production sera perçue comme le moyen d'améliorer la communication dans l'entreprise.

1.3.6 Concepts en gestion de production

a) Le juste à temps (JAT ou JIT)

Ce concept consiste, comme son nom l'indique, à fabriquer ou approvisionner des produits juste à temps, c'est-à-dire ni trop tôt, ni trop tard. On a trop souvent tendance à confondre ce concept avec l'outil KANBAN, pionnier de la production tirée. Pour notre part, ce rapprochement n'est pas justifié et confirme, à nos yeux, l'amalgame souvent fait entre **CONCEPT** et **OUTIL**.

b) L'analyse de la valeur

Ce concept a pour objet de poser un regard financier critique sur les produits et les procédures induites de l'élaboration de ces produits. Ce concept est également utilisé comme outil de diagnostic de l'organisation de la gestion de production, en l'appliquant à la valeur de chaque fonction de la structure.

c) La qualité

Il va de soi que ce concept, également, a une grande importance dans la détermination des performances d'une entreprise. Une démarche « qualité » dans une entreprise peut lui faire obtenir des gains substantiels. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que cette démarche n'a rien à voir avec un type particulier d'organisation et gestion de la production. Par contre, il faut souligner que certaines organisations impliquent cette démarche alors que, pour d'autres, elle ne peut être que souhaitable.

d) Le SMED (Single Minute Exchange of Die)

Ce concept, venu du Japon en même temps que Kanban, n'est pas une organisation de gestion de la production mais peut être considéré comme une démarche d'amélioration du

processus de production. Il est souhaitable d'effectuer une démarche SMED dès que l'on estime que des temps prohibitifs de changement d'outils imposent d'avoir des lots de fabrication de tailles trop importantes.

e) POKA YOKE

Les pratiques courantes du contrôle de la qualité de production reposent souvent sur la vérification aléatoire de pièces (le contrôle systématique étant alors jugé trop onéreux). Dans l'approche japonaise, la généralisation du contrôle systématique implique d'avoir un processus de production parfaitement fiable. Pour cela, des appareils de contrôle appelés « poka yoke » sont installés sur les postes de travail pour détecter, automatiquement, tout événement anormal dans le processus.

f) Le KAIZEN, l'amélioration continue

Le Kaizen, signifiant « amélioration » en japonais, est une philosophie reposant sur la conviction que l'efficacité de l'organisation est liée à une amélioration permanente de la qualité et de la productivité. Elle repose sur une attitude dans l'action suivant laquelle il faut s'améliorer et s'efforcer de faire mieux en se remettant en cause en permanence pour voir les problèmes autrement.

Conformément à l'esprit des normes ISO 9000 (version 2000) chaque entreprise se doit d'engager une amélioration permanente, et ceci quels que soient sa taille, son activité et son passé. Le principe de l'amélioration continue constitue le fondement de toute démarche de progrès, notamment des démarches qualité. Aussi, il est souhaitable que l'amélioration continue soit un souci constant de l'entreprise, devenant, ainsi, un des moteurs permettant de tendre vers l'excellence.

1.4 La logistique

1.4.1 Histoire et définitions

Que signifie le concept de LOGISTIQUE ? Le concept de logistique est une notion très ancienne qui s'est exprimée en premier lieu dans le milieu militaire. La logistique d'entreprise n'est apparue que longtemps après la fin de la deuxième guerre mondiale.

L'ASLOG (Association française de la logistique) définit la logistique comme « l'ensemble des activités qui ont pour but la mise à disposition au moindre coût d'une quantité de produits, à l'endroit et au moment où une demande existe ». Cette définition présente la logistique comme un ensemble très large de savoir faire techniques.

La notion de logistique d'entreprise n'est apparue que dans les années 50 : Marks et Taylor la définissent alors comme un « mouvement ou manutention de marchandises du point de production au point de consommation ».

Dix ans plus tard, la définition du dictionnaire reste très générale : « l'ensemble des moyens et méthodes concernant l'organisation ». L'économiste anglais John Magee (1968) complète alors cette définition comme « une technique de contrôle et de gestion des flux de matières et de produits depuis leur source d'approvisionnement jusqu'à leur point de consommation ».

Apparaît ici la notion d'organisation des flux tout au long du cycle du produit. Il reste alors à préciser que la logistique concerne la maîtrise de ces flux et que cette démarche se situe à deux niveaux **:**

a) Les flux physiques et les flux d'information

De ce fait, la logistique concerne un très vaste domaine lié au mouvement des produits. Concrètement, cela concerne les opérations et techniques telles que :
- la localisation des usines et des entrepôts,
- la gestion et la réception des matières premières,
- la gestion et le stockage de ces matières,
- la gestion de production,
- la gestion et le stockage des en-cours,
- la gestion et le stockage des produits finis,
- l'emballage,
- la préparation de commandes,
- la manutention,
- les transports et les tournées de livraison.

La logistique couvre donc plusieurs réalités, avec néanmoins un point de convergence, qui se détermine par l'optimisation de ces flux de produits. C'est une démarche de gestion ou d'organisation de ces flux dans le temps et dans l'espace en quatre périodes :
- gestion des flux d'approvisionnements,
- gestion des flux de production,
- gestion des flux de distribution,
- gestion des flux liés au service après-vente (logistique de soutien).

b) Logistique et gestion de production

➤ *Fonctions couvertes par la logistique*

Dans les entreprises, on trouve des fonctions logistiques bien différentes :
- celles qui assurent des fonctions opérationnelles :
  - gestion de la flotte de camions et des prestataires de transport ;
  - gestion des articles en stock ;
  - gestion des entrepôts ;
  - ordonnancement des travaux et approvisionnement des lignes de production en pièces pour une bonne maîtrise des flux ;
- celles qui assurent le contrôle des flux réels afin d'en dégager des axes d'amélioration ;
- celles qui organisent la productivité, qui redéfinissent les organisations logistiques ou de production (organisation interne ou externalisation) ;
- celles qui assurent le soutien logistique dans les services après-vente.

➤ *Logistique ou gestion de production – Un débat d'arrière-garde*

À part les fonctions opérationnelles concernant spécifiquement les transports, on retrouve ces mêmes fonctions dans le domaine de la gestion de production. Ne cherchons donc pas à opposer ces deux approches et ne cherchons pas à polémiquer pour savoir quelle approche

englobe l'autre ; il faut se concentrer, avant tout, sur la maîtrise des flux de production dans le but d'améliorer les performances globales de l'entreprise.

➤ *Une logistique ou des logistiques*

Plusieurs associations cherchent, chacune de leur côté, à définir cette fonction logistique. Il semble se dégager deux types de logistique :

- une logistique de flux qui vise à optimiser les flux de production d'un équipement

et

- une logistique de soutien qui vise à optimiser l'utilisation d'un équipement tout au long de son cycle de vie.

1.4.2 Organisation et gestion de la production

a) Principe de base

L'objectif principal de l'organisation et gestion de la production est d'assurer une bonne régulation du flux des produits dans l'entreprise (flux des pièces allant du fournisseur aux clients en passant par le stock de matière première, la production et le stock de produits finis).

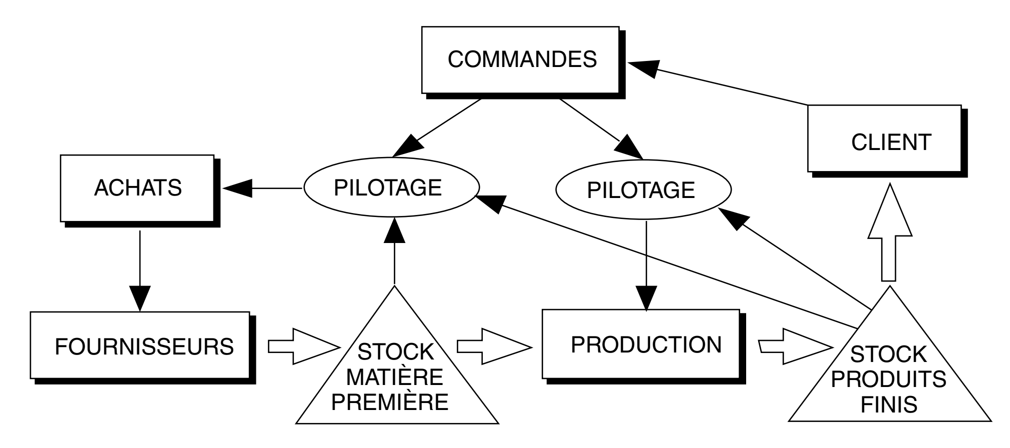


Figure 1.13 – **Le pilotage des flux en gestion de production.**

Nous pouvons remarquer que le pilotage de ce flux se ramène à deux pilotages de base :

- le pilotage des stocks,
- le pilotage de la production,

qui doivent conduire à lancer les ordres d'achat et de fabrication correspondant aux commandes clients.

b) Pilotage des stocks

Cette fonction a pour objet d'assurer le pilotage des approvisionnements des articles achetés ou fabriqués dans le but de satisfaire, au moment opportun, la mise à disposition de ceux-ci pour l'élaboration des produits ou pour les besoins des clients. Elle doit permettre de répondre aux trois questions clés concernant les produits à acheter ou à fabriquer : **QUOI ? QUAND ? COMBIEN ?**

Le pilotage des stocks se compose de 2 sous-fonctions :

- le **suivi des stocks** qui consiste en une comptabilité physique et comptable des produits en stocks. À cet effet, il est important de noter l'importance de la codification des articles ;
- la **gestion des stocks** qui consiste, pour chaque produit, à maintenir le bon niveau des stocks et à définir la politique de réapprovisionnement et de distribution la mieux adaptée.

Remarque : Il est peut être banal, mais indispensable, de rappeler qu'effectuer un suivi des stocks ne signifie pas gérer le stock.

c) Pilotage de la production

Cette fonction, plus couramment connue sous le nom d'ORDONNANCEMENT, a pour objet de prévoir et de coordonner l'ensemble des ressources physiques et humaines nécessaires à la fabrication. Elle doit permettre d'optimiser ces ressources tout en respectant les délais de réalisation fixés. Elle doit donc répondre aux trois mêmes questions : QUOI ? QUAND ? COMBIEN ?

L'objectif final de l'ordonnancement, centralisé ou décentralisé, est avant tout de piloter la production de l'entreprise. Il consiste, en fonction des prévisions de commandes clients et de disponibilité des approvisionnements et des moyens de production, à assurer la continuité du flux des pièces dans l'entreprise en :

- déterminant le calendrier prévisionnel de fabrication (planning d'atelier) ;
- distribuant les documents nécessaires à la bonne exécution des fabrications (lancement en fabrication) ;
- suivant l'exécution des fabrications (suivi de production).

d) Cohérence de ces pilotages

Il n'est pas inutile de rappeler qu'un des objectifs de la gestion de production est d'assurer la continuité du flux de produits. Toute rupture de ce flux peut être considérée comme dommageable et entraîne automatiquement une diminution des performances de l'entreprise.

De nombreux travaux ont donc été menés dans le but d'améliorer ces pilotages. Ils se sont intéressés à chaque pilotage séparément (gestion des stocks, MRP0, ordonnancement) ou simultanément (MRP1, MRP2, Kanban). D'autres travaux ont conduit à faire évoluer des modèles existants en intégrant de nouveaux concepts (OPT) ou à faire cohabiter des modèles entre eux (convivialité MRP-Kanban).

e) Dualité CONCEPT – OUTIL

Pour chaque pilotage vu précédemment, il existe plusieurs outils. Cependant, ceux-ci, adaptés chacun à des types d'organisation, ne sont pas utilisables de façon universelle. Il est donc nécessaire de mener une réflexion préalable sur la nature du flux et sur son organisation avant de définir l'outil *ad hoc*.

Pourtant, il n'est pas rare de remarquer que beaucoup de personnes mettent en avant l'outil sans quelquefois se soucier de son adéquation avec le problème à résoudre.

Pour notre part, nous conseillons d'utiliser une méthode structurée d'analyse de l'entreprise qui consiste

- tout d'abord à réaliser l'**étude du produit** : pour en déterminer son niveau de complexité,
- ensuite, d'effectuer l'**étude du marché** : pour dégager les volumes qui permettront, en fonction de la complexité du produit,
- de déterminer l'**organisation de la production** la mieux adaptée pour la fabrication de **ce** produit,
- et seulement après définir le (ou les) outil(s) nécessaire(s).

1.4.3 La chaîne logistique vue classiquement dans l'entreprise

La logistique est une vision du regroupement d'une partie des fonctions de l'entreprise et la définition la plus courante est celle que nous avons déjà citée :

Conseil : La logistique regroupe toutes les fonctions qui concourent à piloter, dans l'entreprise, le flux des produits qui vont du fournisseur au consommateur.

Quelle que soit la nature du produit et la structure de l'entreprise, le schéma de base du mouvement des produits que constitue le processus logistique depuis les matières premières jusqu'au consommateur reste toujours le même. Trois grandes étapes se dégagent :

- les approvisionnements de matières,
- la production ou la transformation de ces matières,
- la distribution physique des produits au client.

C'est dans ce processus que se définit **la chaîne logistique**.

Le graphique ci après, classiquement employé, illustre pleinement cette définition qui intègre parallèlement les deux notions :

- de flux physiques de marchandises qui rappellent le mouvement amont-aval des produits,
- de flux d'informations indispensable à toute démarche de mise en place de chaîne logistique.

1.4.4 La logistique vue dans une approche ISO 9000

Nous avons vu, précédemment, que les normes ISO 9000 version 2000 nous conduisent à représenter, maintenant, l'entreprise par un réseau de processus. Un processus peut être vu de la manière suivante :

Ramenons la logistique à son origine militaire : « *la logistique recouvre toutes les fonctions d'intendance qui sont au service des sections opérationnelles* ». Dans cette vision, bon nombre de fonctions constituent la logistique.

Ces fonctions peuvent se regrouper en deux grandes catégories :

- les fonctions qui concourent à l'existence du flux physique des produits,
- les fonctions qui concourent au pilotage de ce flux.

Conseil : La logistique, dans une approche ISO 9000 est alors la maîtrise de l'approvisionnement des moyens (des 5 M) à chaque point d'utilisation (chaque processus), synchronisée par le système d'information.

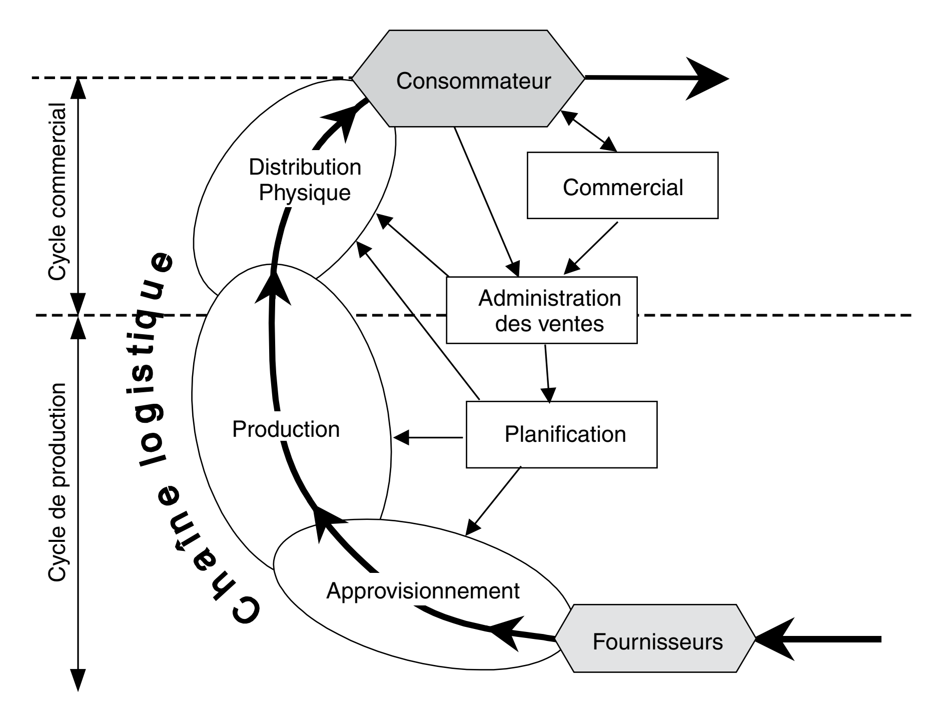


Figure 1.14 – La chaîne logistique (vision globale).

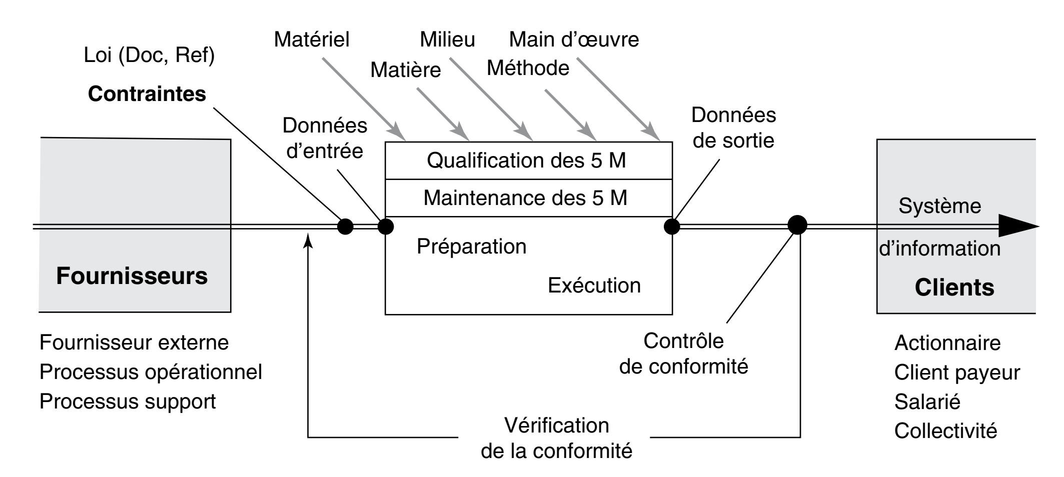


Figure 1.15 – Description d'un processus.

La fonction « stock »

2

2.1 Les « stocks »

2.1.1 Préliminaires

a) La fonction stock

Le rôle de la fonction stock est d'assurer la gestion des articles de l'entreprise dans le but de satisfaire, au moment opportun (dans une logique de Juste-À-Temps), la disponibilité et la délivrance de ceux-ci pour l'élaboration des produits.

b) Définitions

➤ *Article – Stock*

Nous appellerons « ARTICLE », ou « PRODUIT », tout objet manufacturé clairement identifiable dans l'entreprise. Le « STOCK » est alors l'ensemble des articles détenus par l'entreprise.

➤ *Référence article*

Chaque article est repéré par une référence qui le distingue de tous les autres et qui doit suffire pour retrouver son identification et ses caractéristiques.

➤ *Disponibilité – Délivrance*

La qualité principale d'une bonne gestion des stocks est de pouvoir satisfaire la demande d'un client, qu'il soit interne ou externe, dès l'expression de son besoin. Pour cela, il sera nécessaire d'approvisionner, au préalable, suffisamment de produits pour éviter toute rupture de stock au moment de la demande.

➤ *Rupture de stock*

Définition

On dit qu'un produit est en rupture de stock lorsqu'il est impossible de satisfaire immédiatement une demande exprimée. La quantité en stock est alors nulle.

c) Remarques de l'auteur

Le stock est un mal nécessaire dans l'entreprise. S'il n'existe pas, celle-ci peut être conduite à des difficultés de production et s'il est trop important, il entraîne de lourdes contraintes financières.

De nombreux ouvrages prônent le « zéro stock ». Pour notre part, cela nous semble irréaliste. Par contre, trouver le stock optimum qui permet à l'entreprise d'avoir une pleine activité nous semble beaucoup plus judicieux.

2.1.2 Nécessité d'un stock

a) Échange commercial

La réponse à un échange commercial n'est jamais immédiate.

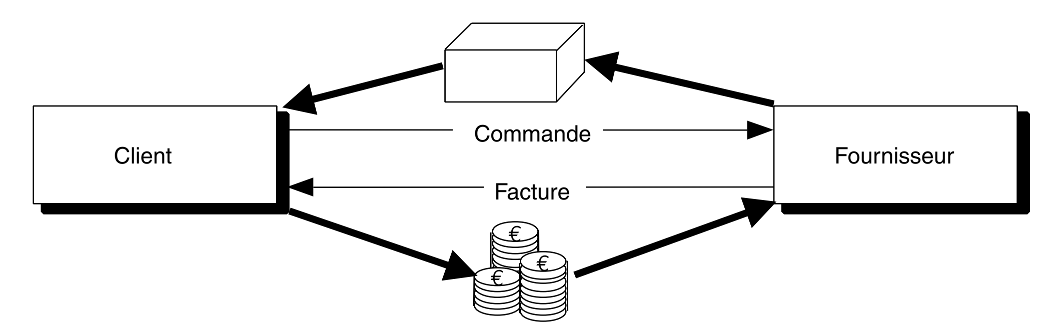


Figure 2.1 **Différents flux d'un échange commercial.**

De nombreux facteurs obligent l'entreprise à fonctionner avec du stock :

- le délai de mise à disposition des produits vis-à-vis d'un client est presque toujours inférieur au cycle de fabrication. Pour ne pas rater une commande, il est nécessaire d'avoir un stock de produits finis (ou presque finis en fonction du type de fabrication);
- la présentation de la facture est rarement simultanée, pour des problèmes d'organisation interne, à la livraison d'une commande;
- la législation comptable permet un règlement différé du montant des factures (règlement à 60 ou 90 jours fin de mois);

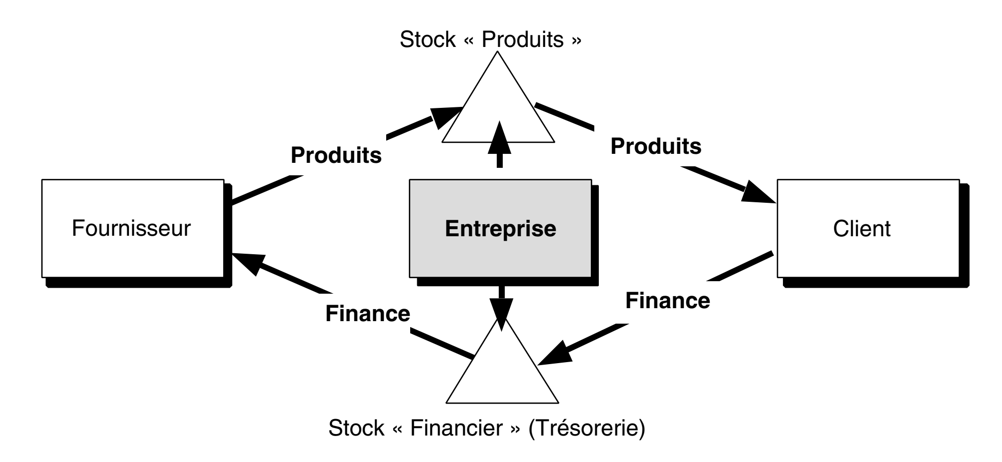


Figure 2.2 **L'entreprise vue à travers deux types de stock.**

- de nombreuses matières premières ne sont disponibles qu'avec des délais de livraison très supérieurs au cycles de fabrication, et encore plus par rapport aux délais de mise à disposition d'un client.

L'entreprise est donc perçue à travers deux stocks : un stock « produits » et un stock « financier » (trésorerie). Ces deux stocks représentent l'actif circulant de l'entreprise.

b) À quoi sert le stock ?

Comme nous venons de le voir, le stock est la conséquence d'un écart entre le flux (financier ou de produits) d'entrée et le flux de sortie sur une période de temps (dans la suite de ce chapitre, nous ne parlerons que des stocks de produits). Un stock joue donc un rôle nécessaire de régulation dans l'entreprise et lui permet d'assurer son activité principale.

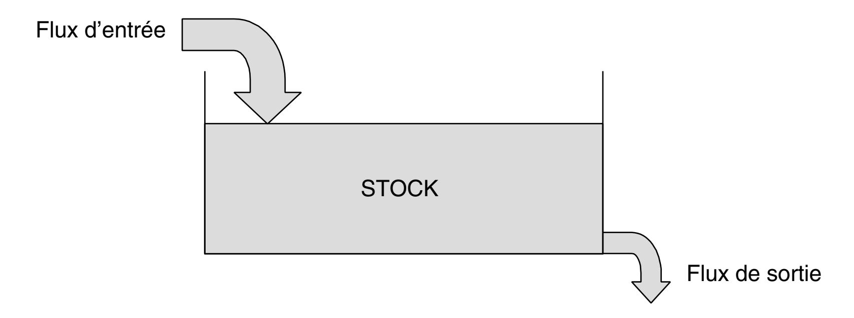


Figure 2.3 **Le stock est la conséquence d'un écart de flux.**

Malheureusement, le stock est également la traduction visible de beaucoup d'inefficacités. Ces inefficacités peuvent être la conséquence de problèmes indépendants ou d'une somme de petits problèmes qui s'accumulent (dans cette vision, il est bien évident que c'est cette dernière conséquence la plus difficile à détecter).

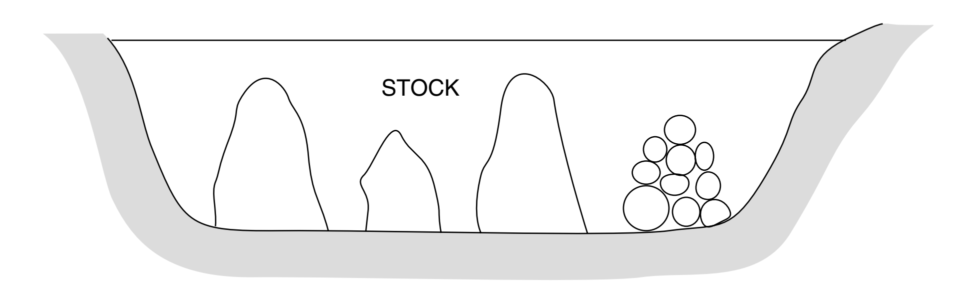


Figure 2.4 **Le stock cache les problèmes.**

Nous voyons maintenant qu'il est possible de justifier l'existence d'un stock. Toutefois, il faut chercher, comme nous l'avons dit précédemment, à déterminer le stock « juste nécessaire ». Or ce stock n'est que la face visible de l'iceberg, le reste du stock (la face caché de l'iceberg) servant à cacher une multitude de problèmes liés à l'organisation et au fonctionnement de la production.

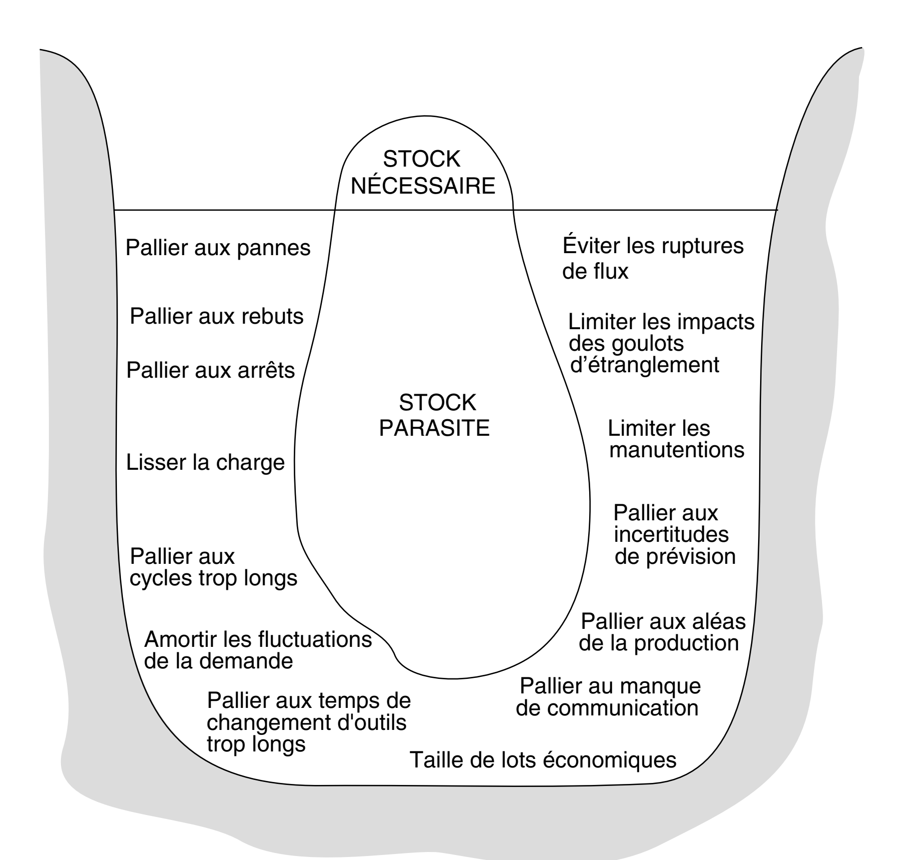


Figure 2.5 **Les bonnes raisons d'avoir du stock.**

2.1.3 Types de stocks

Il existe plusieurs types de stocks en fonction de la nature ou de la destination des articles gérés.

a) Typologie en fonction de la nature

➤ *Stock de produits finis*

Ce stock regroupe les produits immédiatement livrables à la clientèle. À ce stade, les produits peuvent, ou non, être emballés.

➤ *Stock de produits semi-finis*

Ce stock regroupe les ensembles prêts au montage, les rechanges ou les accessoires fabriqués par l'entreprise pour la fabrication ou la clientèle.

➤ *Stock de matière première*

Ce stock regroupe les matières premières, les ébauches, les composants achetés par l'entreprise aux fournisseurs.

➤ *Stock de maintenance*

Ce stock regroupe les pièces de rechange pour les machines outils ou les postes de travail.

➤ *Stock d'outils – d'outillages*

Ce stock regroupe les outils et outillages nécessaires à la fabrication. Dans une optique Juste-À-Temps et de 5 S, il est très important de gérer ce type de stock. S'il n'est pas nécessaire de définir ce qu'est un outil, il est bon de rappeler que les outillages regroupent tous les dispositifs de tenues des pièces sur les poste de travail et les différents gabarits nécessaires à la fabrication (perçage, cintrage…).

b) Typologie en fonction de la destination

➤ *Stock affecté (ou réservé)*

La destination du matériel acheté pour le stock affecté, ou réservé, est connu dès son approvisionnement. Ce matériel est classé par activité ou par commande et ne peut être délivré qu'au titre de la commande ou activité concernée.

➤ *Stock commun*

Le matériel n'a pas de destination prédéfinie et peut être délivré à n'importe quel utilisateur ou pour n'importe quelle commande.

➤ *Le risque de la différentiation*

Il est possible de constater un besoin non satisfait de matériel du stock commun alors que celui-ci se trouve en stock affecté. Il est alors tentant de l'utiliser avec le risque de ne pas pouvoir satisfaire la commande réservataire concernée. C'est pour cela que cette procédure doit rester exceptionnelle et doit faire l'objet d'une demande particulière.

2.1.4 La codification

a) Définition

La codification est une technique qui permet de pouvoir passer du langage naturel à un langage symbolique dont l'interprétation est plus aisée. Elle permet de représenter une expression plus ou moins complexe par un groupe de caractères alphanumériques plus concis, appelé CODE.

b) Utilisation de la codification

Il est possible d'utiliser cette technique dès que les expressions que l'on veut manipuler nous paraissent trop longues. Elle est utilisée le plus souvent pour interpréter les caractéristiques des produits ou pour faciliter leur identification.

c) Qualités d'un système de codification

Les règles de codification doivent être claires et comprises de tous. Pour cela, un bon code doit être discriminant, stable et pratique.

➤ *Code discriminant*

Il est très mauvais que le même code désigne des expressions ou des caractéristiques très voisines. Lors de la définition d'un code, il est donc nécessaire de rechercher l'article le plus fin à codifier.

➤ *Code stable*

Il est nécessaire de prévoir un système de codification qui peut être utilisé de nombreuses années. En effet, à chaque changement de codification il apparaît de nombreux problèmes qui nuisent au bon fonctionnement de l'entreprise :

- ré-étiquetage de tous les produits ;
- problèmes liés à la gestion des en-cours :
  - quelle est la codification valable à un instant donné ?
  - nécessité de transcodification ;
  - risque d'erreur d'interprétation et de réécriture…

Il faut donc à tout prix éviter de changer une codification dans une entreprise. Si cela est toutefois nécessaire, il faudra veiller à le faire :

- dans le cas d'une impérative nécessité ;
- pour une période de grande stabilité ;
- en choisissant une nouvelle structure vraiment différente de la précédente afin d'éviter toute confusion.

➤ *Code pratique*

Un bon code doit être facile à manipuler et à retenir. Pour cela, il faudra veiller à :

- avoir un code qui ne soit pas trop long. Si ce n'est pas possible, il faudra chercher à le découper en zones homogènes (champs) séparées, ou non, par des espaces ;
- si le code ne contient que des chiffres, chercher à ce que sa longueur soit inférieure à 6 caractères. Sinon il faudra chercher à le découper en champs comme vu précédemment ;
- éviter un mélange trop important de la nature des champs ;
- préférer les codes de longueur fixe aux codes de longueur variable.

d) Nature de code

➤ *Code arbitraire*

C'est une numérotation de 1 à *n* qui évolue au fur et à mesure de l'affectation d'un code.

- Avantage :
  - localisation rapide des expressions qui ont disparu (on ne réutilise pas le code libéré) ;
  - mémorisation rapide d'un code structuré en Série/Sous série/Numéro.
- Inconvénient :
  - code inintelligible ;
  - code peut être difficile à retenir s'il est trop long.

➤ *Code analytique*

Le code est composé de plusieurs champs correspondants chacun à une caractéristique du produit.

Exemple : Pour un tuyau on pourrait avoir la référence article : TCu2023600

– Type de produit	ex. : T (comme tuyau).
– Matière	ex. : Cu (comme cuivre).
– Diamètre intérieur	ex. : 20 (pour 20 mm).

– Diamètre extérieur ex. : 23 (pour 23 mm).
– Longueur ex. : 600 (pour 6 mètres).

- Avantage :
  – code qui peut paraître clair et facile à retenir (au début).
- Inconvénients :
  – code souvent long.

Exemple : Pour l'exemple précédent : TCu2023600, la longueur est déjà de 10 caractères !

- Il n'y a pas, ou peu, d'évolution possible. Il est difficile à faire évoluer le code en cas d'ajout de nouvelles caractéristiques ou de nouveaux articles.

Exemple : Pour l'exemple précédent : TCu2023600. Si on souhaite maintenant coder une tôle d'inox.

– Type de produit ex. : comment identifier une tôle ?
– Matière ex. : comment identifier l'inox sur 2 caractères
– Diamètre intérieur ex. : comment déterminer le diamètre d'une tôle ?
– Diamètre extérieur ex. : comment déterminer le diamètre d'une tôle ?
– Longueur ex. : est-ce la longueur ou la largeur de la tôle ?

Une des seules possibilités consiste à utiliser une codification combinée en construisant une matrice de correspondance :

- en ligne, on met les valeurs d'une caractéristique et en colonne, on met les valeurs de l'autre caractéristique ;
- l'élément de la matrice correspond à la valeur du code à utiliser.

➤ *Code mixte*

C'est un code constitué d'une partie arbitraire et d'une partie analytique. La partie arbitraire permet de référencer une famille de produits et la partie analytique permet d'identifier un produit particulier dans la famille. C'est un code souvent utilisé dans l'industrie de l'habillement ou du cuir.

Partie arbitraire			**Partie analytique**	
Série	Sous-série	Numéro	Taille	Couleur
AB	123	758	42	R

➤ *Code de la profession*

Ce sont des codes définis par des organisations professionnelles.

- Avantages :
  – Facilite le dialogue Client-Fournisseur.
  – Exploitation immédiate des bons de livraison (pas de recodification à la réception des produits).
  – Facilite le dialogue entre les entreprises de la même profession.
- Inconvénients :
  – Ce sont généralement des codes longs qui permettent de gérer beaucoup d'articles alors que l'on peut ne s'intéresser qu'à un petit nombre d'entre eux dans l'entreprise.

– Il est possible que deux produits différents aient le même code dans deux professions différentes.
– La codification peut ne couvrir qu'une partie des articles de l'entreprise l'obligeant à coder de façon différente l'autre partie. Cela peut entraîner une hétérogénéité des codes.
– L'entreprise subit les décisions concernant cette codification pouvant entraîner parfois des problèmes de mise à jour des fichiers et des programmes de traitement informatique.

e) Définition d'un code

La définition d'un code se fait en plusieurs étapes :

➤ *Étape 1 : Dénombrement des éléments à coder*

Avant de mettre en place une codification, il est indispensable de connaître les éléments à codifier. Au terme de cette étape, nous avons une information sur le nombre et la nature des éléments concernant l'étude.

➤ *Étape 2 : Classement des éléments par famille*

Devant la diversité des éléments à codifier, il est souvent utile de les classer par famille et sous-famille.

➤ *Étape 3 : Réflexion sur l'évolution des éléments à codifier*

La stabilité est une des qualités principales d'un code, pour cela il faut éviter de le remettre en cause rapidement. Il est donc indispensable d'étudier les évolutions possibles des éléments à codifier (en nombre total et en famille et sous-famille). Cette étape permet d'affiner les résultats obtenus lors de l'étape 1.

➤ *Étape 4 : Détermination de la structure du code*

Un code doit être décrit en spécifiant ses caractéristiques :
- longueur totale du code (longueur fixe ou variable);
- nombre de champs constituant le code avec pour chacun d'entre eux :
  – sa longueur (fixe ou variable);
  – la nature des caractères utilisés (numérique, alphabétique ou alphanumérique);
  – la nature de la codification employée (arbitraire ou analytique);
  – les règles de remplissage grâce à des tables de valeur ou d'exception.

Il est bien évident que les choix qui sont opérés à cette étape doivent être en accord avec les qualités du système de codification. Compte tenu des remarques concernant la nature de la codification, il est préférable de privilégier les codes arbitraires au détriment des codes analytiques.

f) Identification des articles

Chaque article est repéré par une référence qui le distingue de tous les autres et qui doit suffire pour retrouver son identification et ses caractéristiques. Il existe donc une relation biunivoque :

ARTICLE ⇔ RÉFÉRENCE ARTICLE

Une référence article est représentée, la plupart du temps, par un code qui suit un certain nombre de lois qui sont détaillées dans le paragraphe précédent. Afin de ne pas être trop

dépendant des évolutions de la technique, il faut **s'interdire de mettre des caractéristiques technologiques dans une référence article** : il est préférable de les considérer comme des informations de définition du produit. Cela revient, en fait, à privilégier au maximum les codes arbitraires au détriment des codes analytiques.

2.2 La fonction stock dans l'entreprise

2.2.1 Fonctions assurées

La fonction stock se compose de deux sous-fonctions :
- le suivi des stocks;
- la gestion des stocks.

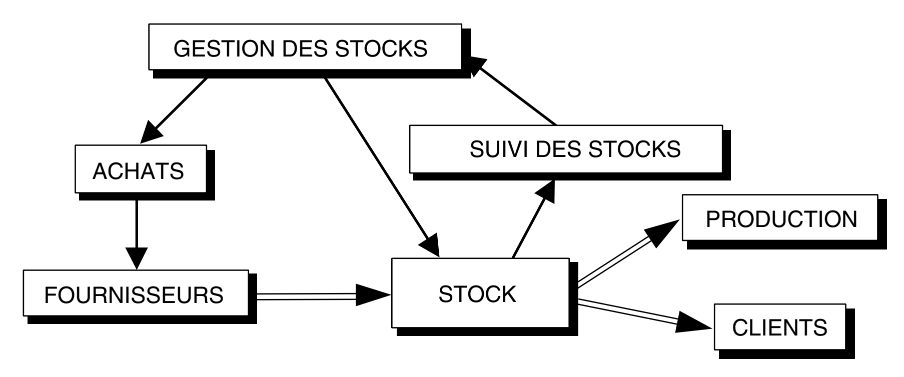


Figure 2.6 **Environnement de la fonction Stock.**

a) Le suivi des stocks

Cette fonction a pour objectif de connaître à tout moment les articles disponibles dans l'entreprise. Pour cela, elle doit assurer une comptabilité physique et financière des articles.

➤ *Comptabilité physique*

Elle doit prendre en compte les réceptions et les délivrances des articles (en nombre) pour pouvoir fournir, à tout moment, un état des stocks à jour.

➤ *Comptabilité financière*

Elle doit prendre en compte les entrées et les sorties du stock (en valeur) pour pouvoir fournir, à tout moment, la valeur de l'immobilisation financière.

b) La gestion des stocks

Cette fonction a pour rôle de définir :
- l'optimum d'articles différents à posséder dans l'entreprise en effectuant le plus souvent possible une épuration du stock (élimination des stocks morts ou inutiles);
- la politique de réapprovisionnement la mieux adaptée pour chaque article;
- la politique de distribution (ou de consommation) la mieux adaptée pour chaque article.

2.2.2 Types de gestion des stocks

a) Gestion mono magasin

Tous les produits de l'entreprise, quelque soit leur nature, sont gérés de manière unique en un lieu unique avec une même structure de référence. La détermination du repérage des pièces peut conduire à une codification complexe permettant de gérer des produits de natures très différentes. Suivant le lieu de stockage, on parlera de :

➤ *Gestion mono magasin/mono site*

Les produits sont stockés en un lieu unique. Ce magasin, véritable cœur de l'entreprise, doit être localisé le plus près des lieux d'utilisation des pièces. Dans ce cas, il est possible de noter un besoin important en manutention de pièces.

➤ *Gestion mono magasin/multi sites*

Permet de minimiser les manutentions des pièces car les lieux de magasinage peuvent être répartis aux endroits les plus propices de l'entreprise. Une même pièce peut être stockée dans plusieurs endroits mais la quantité en stock est connue au lieu de gestion.

b) Gestion multi magasins

Les pièces de natures différentes sont gérées spécifiquement à différents lieux de l'entreprise avec des références de types différents. Ce type de gestion permet, à l'inverse de la gestion mono-magasin, d'utiliser une codification adaptée à chaque regroupement de natures de pièces. Ce type de gestion permet de gérer séparément des produits de nature différente. Suivant le lieu de stockage, on parlera de :

➤ *Gestion multi magasins/mono site*

Les produits d'une même nature sont stockés en un lieu unique.

➤ *Gestion multi magasins/multi sites*

Les produits d'une même nature sont stockés dans des lieux de magasinage répartis aux endroits les plus propices de l'entreprise. Une même pièce peut être identifiée différemment dans plusieurs gestions différentes et la quantité en stock de cette pièce identifiée dans chaque nature n'est connue qu'au lieu spécifique de gestion, il est alors difficile d'avoir une vue globale du stock.

Très souvent les postes de travail se servent dans un magasin précis. Il est quelquefois possible de constater l'arrêt d'un poste pour manque de pièce, alors qu'il en existe dans l'usine identifiée sous une autre référence.

2.2.3 L'unité de gestion

Il est nécessaire de déterminer l'**unité de délivrance** des produits pour avoir une meilleure utilisation dans la fabrication. Cette unité de délivrance correspond à l'**unité de gestion** des produits en stock.

Tous les produits ont une **unité d'achat** définie par le fournisseur. Cette unité peut plus ou moins bien convenir à une bonne utilisation en fabrication. Il est donc nécessaire de réfléchir sur la bonne unité de consommation du produit.

Fournisseur → Produit UA → Stock → Produit UG → Client / Production

Figure 2.7 **Unités dans un échange commercial.**

c) Le problème du choix de l'unité de gestion

Afin de comprendre, donnons un exemple : une menuiserie utilise des profilés d'aluminium qu'elle achète par barres de 6 mètres. Doit-elle gérer ces profilés par barre ou par mètre ?

- Si elle les gère par barre elle devra les consommer par barre et en cas d'utilisation d'un petit morceau l'entreprise devra faire payer la chute au client ou devra la gérer avec une unité incompatible.
- Si elle les gère par mètre, elle devra les consommer par mètre. Cette solution facilite la gestion des chutes mais il n'est pas possible de connaître le nombre de barres entières en stock.

Une solution consiste à gérer deux articles en stock pour le même profilé. Un permettra de gérer les barres entières et l'autre permettra de gérer les chutes. Cette solution présente l'inconvénient de doubler le nombre des références à gérer en stock.

d) Choix d'une unité de gestion (UG)

➤ *Unité de gestion égale à l'unité d'achat*

Ce choix parle de lui-même : l'unité d'achat est compatible avec une bonne utilisation dans la fabrication (UG = UA).

➤ *Unité de gestion différente à l'unité d'achat*

L'unité de gestion peut être obtenue par :

- regroupement d'articles ou utilisation d'une unité multiple de l'unité d'achat;
- éclatement de lots ou utilisation d'une unité sous-multiple de l'unité d'achat;
- utilisation d'une unité totalement différente de l'unité d'achat.

Exemple : achat au kilogramme, utilisation au mètre;
achat vis et écrou, utilisation de boulon.

Il faut, dans ce cas, déterminer le prix unitaire de l'unité de gestion. Celui-ci est égal à un pourcentage du prix unitaire de l'unité d'achat auquel on ajoute tous les coûts de transformation et/ou de création de nouveaux articles.

➤ *Problèmes liés à un mauvais choix d'Unité de Gestion*

Un mauvais choix d'unité de gestion peut conduire à :

- des difficultés de gestion des chutes et des restes;
- augmenter le coût des reconditionnements;
- créer des problèmes dans la détermination des coûts de revient;
- des risques de perte de produits périssables…

➤ *Magasin libre-service*

Une analyse assez précise des coûts montre que la gestion des articles de faible valeur coûte très cher pour l'entreprise comparée à leur prix unitaire. Pour ce genre d'article, il existe des magasins en libre service et la fabrication se sert lorsque nécessaire. Régulièrement, ces magasins sont réapprovisionnés par le magasinier.

Ces magasins concernent les produits de faible valeur n'entrant pas directement dans le coût de revient du produit fini (le coût est fixé *a priori*). Cette technique est également souvent utilisée pour les matières consommables (huiles, graisses…).

Les produits gérés suivant cette technique ne sont généralement pas classés en analyse ABC et on leur affecte arbitrairement la classe D.

2.2.4 Suivi des stocks

a) Suivi physique des stocks

➤ *Réception des produits*

Comme son nom l'indique, cette opération consiste à prendre en compte les entrées des produits dans le magasin. Ces produits peuvent être :

- **Fabriqués** : produits finis ou semi-finis.
  Lorsqu'il existe un bon d'entrée, le magasinier est chargé de vérifier l'exactitude des quantités, sinon il se contente de dénombrer les articles qu'il réceptionne. Dans cette opération, il n'est jamais effectué de contrôle des produits.
- **Achetés** : matières premières, composants, ébauches…
  Une première étape consiste à s'assurer de la conformité de la livraison par rapport à la commande. Ce contrôle est effectué tant du coté quantitatif que qualitatif. Si cette réception s'avère bonne, le magasinier rédige un bon d'admission qu'il envoie aux services administratifs et avertit, si nécessaire, les utilisateurs de l'arrivée des produits (produits affectés ou en rupture de stock).

En final de cette opération, le magasinier est chargé de réactualiser les quantités afférentes des produits concernés. À cette occasion, il sera peut être amené à effectuer un reconditionnement du produit (*cf. choix de l'unité de gestion*).

➤ *Délivrance des produits*

Lors de la délivrance des produits, ceux-ci sont affectés à des commandes clients. Cette opération consiste donc à retirer du stock les produits demandés (directement par les clients ou par la production) conformément à une commande ou un bon de sortie.

Comme pour les entrées, le magasinier doit mettre à jour les quantités afférentes aux produits concernés.

➤ *État des stocks*

À tout moment, le gestionnaire du stock doit être capable de fournir l'état des stocks de l'entreprise. Cet état doit faire apparaître, à un instant donné pris pour référence, la situation détaillée, en quantité et en emplacement, du stock.

Pour cela, le gestionnaire doit effectuer régulièrement l'inventaire de son stock : opération qui consiste à compter les articles dans les rayons du magasin et d'en vérifier l'exactitude avec la comptabilité administrative. En cas d'écart, il est nécessaire d'effectuer les

régularisations comptables qui s'imposent. À cette occasion, il s'assurera de la bonne localisation des produits (le lieu de magasinage d'un produit s'appelle le « gisement »).

Il est possible de faire :

- **un inventaire intermittent** (Généralement annuel) : la législation oblige toute société à établir un inventaire au moins une fois par an, à la fin de l'exercice comptable. Cette technique entraîne une grosse charge de travail qui perturbe généralement l'activité de l'entreprise ;
- **un inventaire permanent** : cette technique consiste à tenir à jour en permanence les quantités en stock de chaque article ;
- **un inventaire tournant** : cette méthode consiste à examiner le stock par groupes successifs d'articles et à vérifier l'exactitude des quantités de ces produits. Il est possible de définir des périodes d'inventaire différentes suivant l'importance des produits mais il faut, à tout moment, connaître la dernière date d'inventaire.

b) Suivi comptable des stocks

➤ *Entrée en stock*

Cette opération consiste à prendre en compte dans les documents comptables une entrée en stock. La valorisation du mouvement d'entrée se fait au prix d'achat réalisé.

➤ *Sortie du stock*

Cette opération consiste à prendre en compte dans les documents comptables une délivrance de produits. Elle consiste donc à valoriser le mouvement de sortie du magasin et à l'imputer au client destinataire. Celle-ci peut s'effectuer suivant la technique

- **FIFO** (*First In – First Out*) : la première unité entrée est celle qui sort du stock en priorité. Cette technique impose une gestion séparée des différents lots d'entrée en stock mais elle permet de sortir en premier les articles les plus anciens.
- **LIFO** (*Last In – First Out*) : la dernière unité entrée est celle qui sort du stock en priorité. Cette technique, comme la précédente, impose une gestion séparée des différents lots d'entrée en stock mais elle permet d'appliquer les prix les plus près du marché actuel.
- **CMUP** (Coût Moyen Unitaire Pondéré) : le comptable calcule, à chaque entrée en stock, le CMUP en divisant la nouvelle valeur du stock par la quantité totale. Ce calcul peut s'effectuer à chaque entrée ou par période de référence de stockage.

$$\text{CMUP} = \frac{\text{Valeur en stock avant l'entrée + Montant de l'entrée}}{\text{Quantité en stock avant l'entrée + Quantité de l'entrée}}$$

- **Prix standard** : prix fixé *a priori* en fonction de la connaissance des produits, des marchés, des possibilités d'approvisionnement. Cette technique impose de résoudre le problème des écarts et de réviser périodiquement les prix.

➤ *Valorisation des stocks*

La valorisation d'un mouvement ou de tout le stock consiste à déterminer la valeur de ce mouvement ou de l'ensemble du stock, c'est-à-dire la valeur :

$$\text{Prix Unitaire} \times \text{Quantité}$$

Cette valeur sera utilisée dans la prise en compte d'un mouvement de stock ou dans la détermination des actifs de l'entreprise lors de l'établissement du bilan.

Exemple d'application

Une entreprise constate au 1er janvier 20xx la situation des stocks suivante :

Produit	PU au 1.1	Qté au 1.1
2	7,00	79
4	18,00	9

La valeur du stock au 1er janvier est de :

Produit 2 : .... 7,00 × 79

Produit 4 : .... 18,00 × 9 Total : 1 084 euros

Si cette entreprise constate les mouvements de stock suivants, durant ce mois de janvier :

Date	Produit	Mouvement	Quantité	Prix d'achat
3	2	Entrée	340	8,20
	4	Entrée	20	15,00
5	2	Sortie	120	
	4	Sortie	15	
12	2	Sortie	160	
16	4	Entrée	17	19,50
18	2	Sortie	110	
	4	Sortie	25	
21	2	Entrée	340	6,80
22	2	Sortie	190	
26	2	Sortie	117	

Figure 2.8 **Liste des mouvements de stock.**

Détermination de l'évolution du stock :

- déterminons, pour chaque article, l'évolution de la quantité en stock ;
- calculons son Coût Unitaire Moyen Pondéré à chaque entrée.

Produit	Qté au 1.1	Mouvement	Prix d'achat	Stock	CMUP
2	79			79	7,00
		+ 340	8,20	419	7,97
		– 120		299	7,97
		– 160		139	7,97
		– 110		29	7,97
		+ 340	6,80	369	6,89
		– 190		179	6,89
		– 117		62	6,89
4	9			9	18,00
		+ 20	15,00	29	15,93
		– 15		14	15,93
		+ 17	19,50	31	17,88
		– 25		6	17,88

Figure 2.9 **Évolution du stock.**

Exemple de calcul d'un CMUP : cas du produit 2.

À l'entrée de 340 pièces à 8,20 euros, nous obtenons :

$$\text{CMUP} = \frac{(7 \times 79) + (8{,}20 \times 340)}{(79 + 340)} = 7{,}97\ €$$

La valeur du stock au 1er février est de :

Produit 2 :...................... 6,89 × 62

Produit 4 :...................... 17,88 × 6 Total : 940,96 euros

La valeur du mouvement du 18 janvier concernant le produit n° 2 est de 7,97 × 110 = 876,70 euros.

c) Ordonnancement et paiement des factures

Un des points de dysfonctionnement dans l'organisation de l'entreprise est dû à la répartition, entre trois fonctions, des tâches administratives concernant le stock :

- la fonction achat;
- la fonction magasin;
- la direction financière.

L'ordonnancement et paiement des factures a pour but :

- de rapprocher les factures, bons de livraison, bulletins d'admission et bulletins de contrôle afférents à des commandes d'achat ou de sous-traitance;
- de constater leur conformité;
- de procéder à l'envoi au créancier des instruments de paiement.

Cet ordonnancement peut s'expliquer avec le diagramme de circulation des documents ci-après :

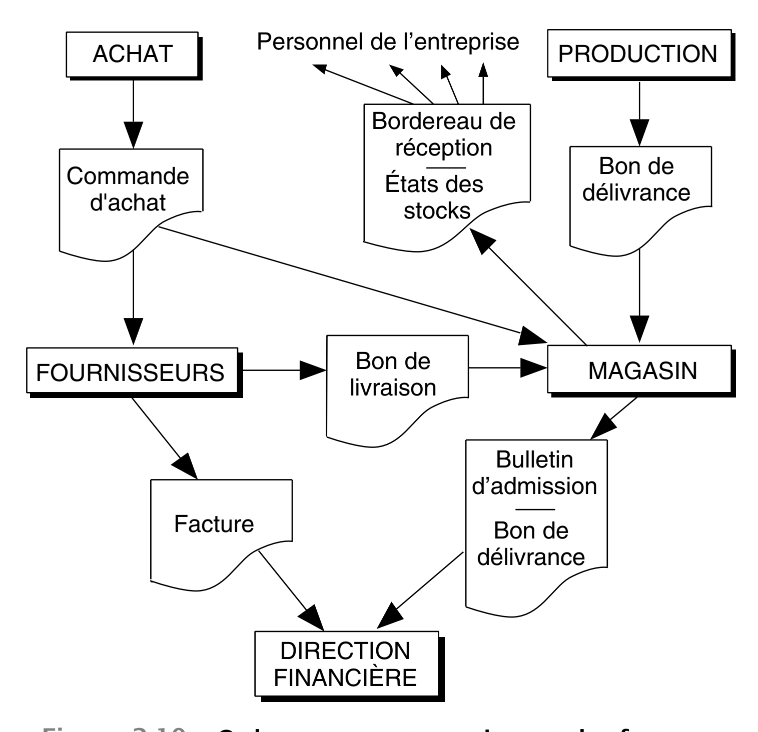


Figure 2.10 **Ordonnancement et paiement des factures.**

d) Éléments d'analyse du stock : les paramètres de gestion (cf. § 2.3.7 : La quantité économique)

Ces paramètres sont, malheureusement, mal maîtrisés dans les entreprises, faute bien souvent de chercher à les connaître.

➤ *Le coût de possession*

Le taux couramment utilisé dans les entreprises se situe entre 15 et 35 % suivant le type des articles et la qualité de la gestion des stocks. Attention, il faut tout de même vérifier si celui-ci correspond aux besoins de l'entreprise : un taux de possession élevé n'implique pas obligatoirement une bonne gestion des stocks.

➤ *Le coût de lancement*

De même, nous avons vu que ce coût dépend essentiellement de l'entreprise et qu'il peut être estimé, généralement, entre 15 et 80 euros.

2.2.5 Diminuer le niveau des stocks

Nous avons vu que le stock est stock est la conséquence d'un écart entre un flux d'entrée et un flux de sortie sur une période de temps.

Il faut noter que les stocks peuvent représenter 20 à 60 % des actifs de l'entreprise; ils engendrent donc un besoin important d'investissement et immobilisent la trésorerie qui pourrait être consacrée au développement d'activités rentables de l'entreprise.

Uniquement à l'énoncé de ce constat, il n'est pas difficile de comprendre qu'il est impératif d'optimiser le niveau de stock de l'entreprise. Nous avons vu, également que le stock est le moyen de cacher les dysfonctionnements de l'entreprise. Il est donc évident que toute amélioration visant à éliminer ces points de dysfonctionnement permettront de diminuer l'immobilisation en stock. Ce chapitre pourrait se terminer là, mais nous allons tout de même aborder quelques méthodes et outils visant à diminuer le stock.

a) Épuration des articles en fin de vie

Un stock est inutile et coûteux à partir du moment où les raisons qui justifient son existence n'ont plus cours. Compte tenu de l'importance du poids des stocks dans l'entreprise, une des tâches importantes du gestionnaire consiste à « épurer le stock » c'est-à-dire qu'il doit chercher à retirer de sa gestion tous les produits inutiles afin :

- de dégager de l'argent;
- de libérer de la place;
- d'éviter l'obsolescence de produits qui ne bougent pas.

➤ *Éléments permettant l'épuration du stock*

Pour déterminer les produits qui « paraissent » ne plus servir il suffit d'analyser, à partir d'une date de référence :

- Par produit, la date de péremption. Sans énoncer une banalité, il faut bien sûr la connaître. Comme le suivi classique des stocks banalise le produit, si on souhaite faire cette analyse par informatique, nous sommes conduits à identifier les produits par lots.

- Par produit, la date de dernière sortie. Cette analyse implique de noter, à chaque sortie de stock, la date du mouvement, ce qui n'est pas toujours le cas dans les suivis simples des stocks. Certaines entreprises pallient à cette éventuelle méconnaissance en faisant une gestion à la « poussière » (ce n'est pas une blague, cela existe réellement). Généralement on associe à cette analyse, l'analyse de la consommation de ce produit sur une période relativement longue (12 mois par exemple) afin d'éviter de croire qu'un produit sorti récemment est un produit important pour l'entreprise. Toutefois, il faut faire attention car un produit dont la date de dernière sortie est très éloignée ou dont la quantité utilisée sur 12 mois est très faible peut être un produit TRÈS IMPORTANT à conserver en stock (exemple : les pièces de rechanges des postes de travail). Il est possible d'éviter des erreurs en séparant le stock de maintenance des autres stocks ou en les enlevant de l'analyse.
- Sur l'ensemble du stock, lorsque tous les articles en stock semblent nécessaires. Dans ce cas, il est possible de prendre la décision de ne pas avoir en stock des produits peu importants, au risque de provoquer une rupture momentanée. Dans ce cas, on effectue une analyse ABC sur la consommation comparée de tous les produits afin de déterminer l'importance relative de chaque produit.

Le gestionnaire doit donc, en fonction des informations qu'il possède et du résultat de ses analyses, se poser la question du maintien de chaque produit en stock.

b) Pourquoi une classification ?

Dès que le nombre d'éléments d'une population devient grand, il est difficile de porter la même attention à chacun d'entre eux. Il est facile de penser que tous les éléments d'une population n'ont pas la même importance; certains éléments importants devront être traités de manière très rigoureuse alors que d'autres pourront l'être normalement, voire simplement. Cela est possible si nous affectons à chaque élément de la population une classe d'importance qui correspond à un type de traitement approprié.

c) Analyse ABC

La méthode ABC est la plus connue des méthodes de classification. Elle est également connue sous le nom de loi 80-20 ou sous le nom de loi de Pareto.

Cette méthode permet de déterminer l'importance relative des éléments d'un ensemble dans un contexte donné en les répartissant en trois classes d'importance :

- classe A : éléments de forte importance;
- classe B : éléments d'importance normale;
- classe C : éléments de faible importance.

Remarque 1 : La notion d'importance d'un élément n'a de sens que dans un contexte donné. En effet un produit de faible importance de consommation peut avoir une forte importance en immobilisation financière.

Remarque 2 : Il est possible d'utiliser une classe D (ou classe *). Cette classe qualifie tous les éléments qui échappent à l'analyse.

➤ *Principe de base*

Afin de déterminer la classification des éléments d'un ensemble, la méthode ABC propose la démarche suivante :

- identification du problème à résoudre et identification de la classification désirée;
- recherche du critère d'analyse correspondant à la classification désirée. Ce critère peut exister en tant que valeur connue, ou doit être calculé à partir de valeurs connues;
- classification des articles par valeur décroissante du critère d'analyse;
- calcul des valeurs de classification (pourcentages cumulés du critère d'analyse);
- tracé de la courbe des pourcentages cumulés du critère d'analyse où :
  – les abscisses représentent les éléments à classifier;
  – les ordonnées représentent les pourcentages cumulés du critère d'analyse;
- interprétation de la courbe et détermination des classes d'importance.

Exemple d'analyse ABC

➤ *Présentation de l'exemple*

Étant données les informations suivantes concernant un ensemble de 10 éléments.

Éléments	Critère
1	3 000
2	20 000
3	5 000
4	4 000
5	500
6	15 000
7	10 000
8	1 500
9	8 000
10	1 000

➤ *Recherche du critère*

Comme nous l'avons vu ci-dessus, il est très important de définir le critère d'analyse qui nous permettra de déterminer la classe de chaque élément. Pour cela, il faut :

- tout d'abord connaître l'objectif visé par la classification : Quel est le problème à résoudre. Il est très important de souligner qu'un produit n'a pas une classe dans l'absolu, mais a une classe en fonction d'un problème bien précis.

  Exemple : définition du système de gestion de chaque article en stock…

- ensuite, trouver les critères quantifiables permettant d'effectuer l'analyse.

  Exemple d'analyse :
  – Consommation physique des produits.
  – Mouvements de trésorerie (Consommation × Prix unitaire).
  – Valeur immobilisée en stock.
  – Espace consommé.
  – Manutentions (réorganisation d'un magasin)…
  Dans notre exemple, nous analyserons l'ensemble de valeurs sur le critère qui nous est fourni.

➤ *Calculs préliminaires*

- Tri des produits par valeur décroissante du critère d'analyse (X_i).
- Calcul du cumul des valeurs du critère d'analyse.
- Calcul, pour les *n* produits, de $\sum_{i=1}^{n} X_i$ (pour i = *n* nous trouvons X_{total}).
- Calcul du pourcentage d'importance : Pour chaque produit, on calcule : $\dfrac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{X_{total}}$

Produit	Consommation	Cumul conso	Importance
2	20 000	20 000	29 %
6	15 000	35 000	51 %
7	10 000	45 000	66 %
9	8 000	53 000	78 %
3	5 000	58 000	85 %
4	4 000	62 000	91 %
1	3 000	65 000	96 %
8	1 500	66 500	98 %
10	1 000	67 500	99 %
5	500	68 000	100 %

➤ *Tracé de la courbe*

Dans un système d'axes où :

- les abscisses représentent les éléments à classifier;
- les ordonnées représentent les pourcentages cumulés du critère d'analyse.

On trace la courbe des pourcentages cumulés du critère d'analyse.

Remarque : Afin de faciliter la détermination des classes et d'habituer l'œil à différentes formes de courbes, il est préférable de choisir des échelles qui permettent de représenter les courbes dans un carré.

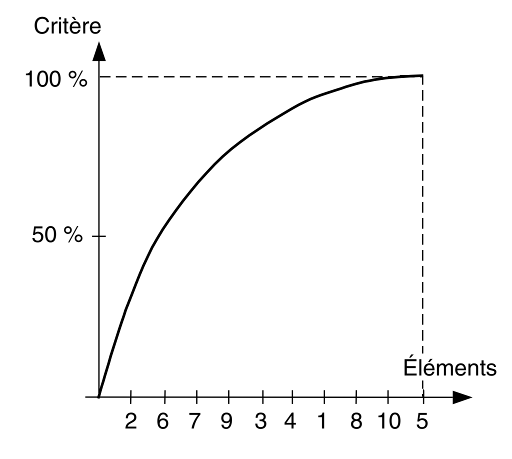


Figure 2.11 Courbe des pourcentages cumulés.

➤ *Interprétation de la courbe*

Dans une répartition se représentant par la courbe théorique de Pareto :

- 20 % des articles correspondent à 80 % de la valeur du critère;

- les 20 % suivants correspondent à 10 % supplémentaires ;
- les 20 % suivants correspondent aux 10 % restants.

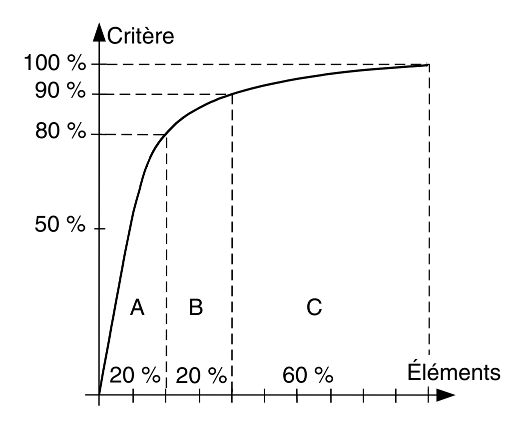


Figure 2.12 Courbe théorique de Pareto.

Toute courbe de répartition d'importance de notre population étudiée est à interpréter par rapport à trois courbes :

- la courbe théorique de Pareto ;
- la courbe extrême 1 ;
- la courbe extrême 2.

Courbe extrême 1

- Un produit correspond à 100 % de la valeur du critère.

Courbe extrême 2

- Tous les produits ont la même importance.

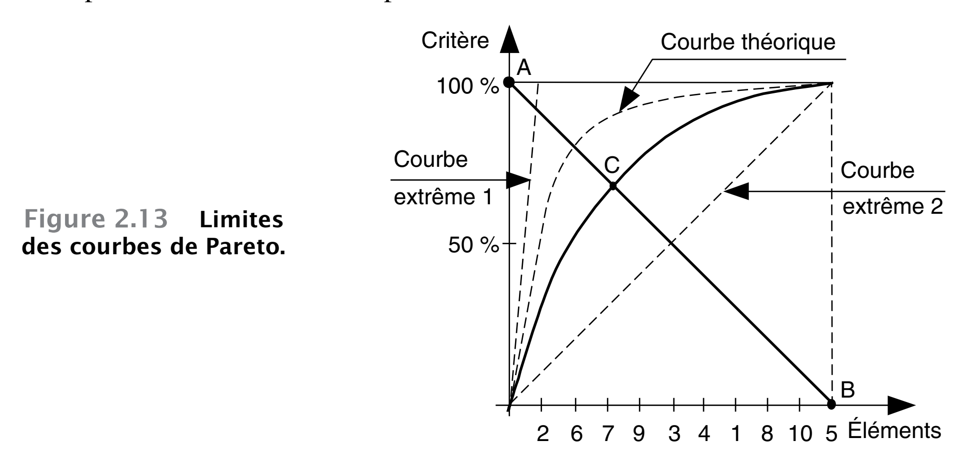


Figure 2.13 Limites des courbes de Pareto.

Afin de pouvoir déterminer les classes de répartition des produits, nous déterminons le ratio de discrimination :

$$\text{RD} = \frac{\text{Longueur du segment CB}}{\text{Longueur du segment AB}}$$ (qui correspond à la valeur lue pour le point d'intersection C sur l'axe des ordonnées)

Les bornes de définition des classes des éléments sont fixées de manière arbitraire. Généralement, chaque tranche est un multiple de 10 et la somme est égale à 100. Les tranches de

détermination des classes sont des triplets qui correspondent chacune à une zone définie par un faisceau de courbes :

Valeur du ratio de discrimination	Zone	A	B	C
1 > RD ≥ 0,90	1	10	10	80
0,90 > RD ≥ 0,85	2	10	20	70
0,85 > RD ≥ 0,75	3	20	20	60
0,75 > RD ≥ 0,65	4	20	30	50
0,65 > RD	5	Non interprétable		

Remarque : Nous pouvons constater que pour la courbe théorique de Pareto, la valeur du ratio de discrimination est égal à 0,8.

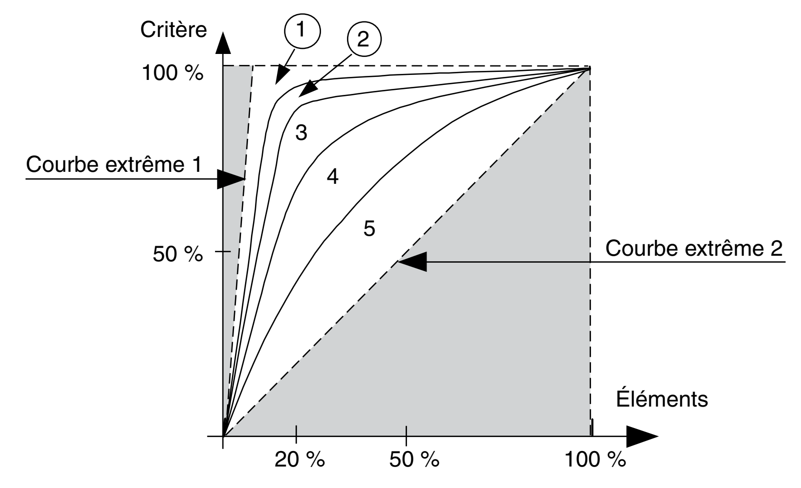


Figure 2.14 **Zones de détermination des classes d'importance.**

Suivant la valeur du ratio de discrimination, on détermine le triplet de classification.

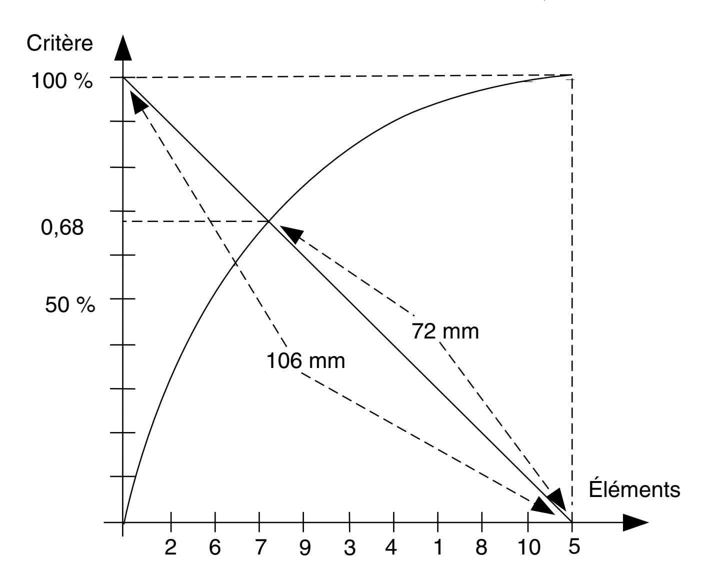


Figure 2.15 **Détermination du ratio de discrimination.**

Dans notre exemple, le ratio de discrimination est égal à : $RD = \dfrac{48 \text{ mm}}{71 \text{ mm}} = 0{,}676$.

La courbe se situe dans la zone 4, et correspond à une répartition 20, 30, 50 ce qui nous donne :

- classe A : éléments 2 et 6;
- classe B : éléments 7, 9 et 3;
- classe C : éléments 4, 1, 8, 10 et 5.

➤ *Cas d'une discrimination peu significative*

Si l'analyse conduit à une classification peu significative, il est possible de la confirmer par une analyse complémentaire, qui en l'occurrence va nous permettre de traiter un autre problème ou de traiter le même problème avec un autre critère (d'une manière générale, on se limite à deux analyses simultanées).

Si la deuxième analyse est nettement plus discriminante que la première, alors on peut choisir de déterminer les classes d'importance grâce aux résultats de cette analyse.

Si, par contre, la deuxième analyse ne donne pas des résultats plus satisfaisant que la première, il est possible d'effectuer la détermination définitive des classes par interprétation relative de la position de chaque éléments dans chaque classification. Dans ce cas, les classes se déterminent grâce à une matrice du type :

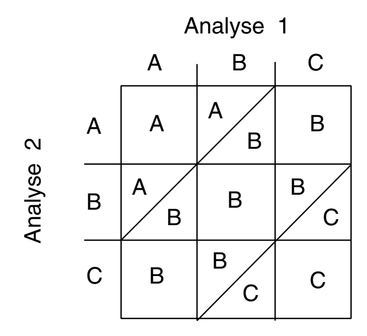


Figure 2.16 Matrice de détermination des classes d'importance.

2.3 L'« APPROVISIONNEMENT »

2.3.1 Problématique

a) Présentation générale

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, que le stock est le résultat d'une différence entre le flux d'approvisionnement et le flux de la demande.

➤ *Flux de la demande*

Les prévisions de la demande s'extrapolent, après correction des variations saisonnières, de manière linéaire, logarithmique ou exponentielle suivant la tendance de cette demande. À moins de vouloir définir de manière mathématique très fine les paramètres d'approvisionnement, la plupart du temps la demande est modélisée par une droite dont la pente représente la demande moyenne journalière (Cmj).

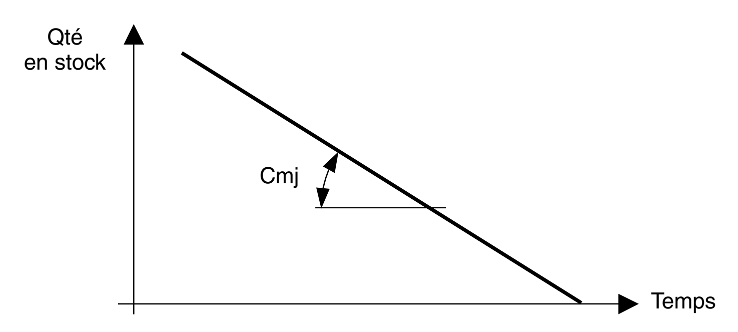


Figure 2.17 **Modélisation de la demande.**

➤ *Flux d'approvisionnement*

Les flux d'approvisionnement correspondent aux livraisons de produits dans le stock. Ces livraisons peuvent être assurées par un fournisseur extérieur ou le système de production de l'entreprise.

Ces livraisons peuvent être effectuées en une seule fois ou progressivement au fur et à mesure de la production des pièces.

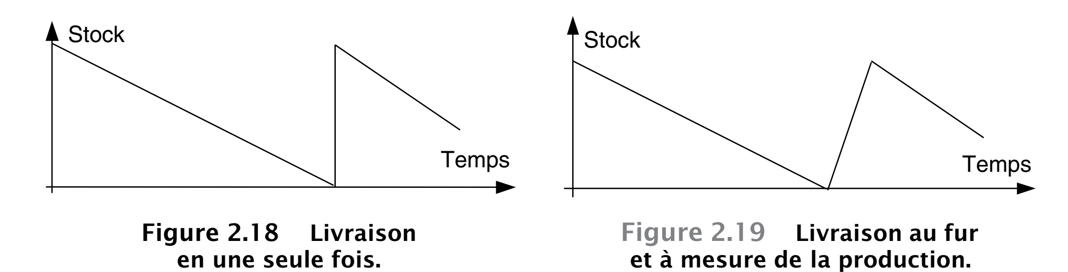


Figure 2.18 Livraison en une seule fois.

Figure 2.19 **Livraison au fur et à mesure de la production.**

b) Politique d'approvisionnement

Approvisionner, c'est assurer la programmation des besoins de livraison et des stocks dans le cadre de la planification générale de l'entreprise.

Définir une politique d'approvisionnement consiste essentiellement à répondre à trois questions :

- QUOI (quel produit) faut-il approvisionner ?
- QUAND faut-il l'approvisionner ?
- COMBIEN faut-il en approvisionner ?

Après avoir répondu au « quoi ? », nous pouvons répondre aux autres questions :

- Date ou quantité FIXE.
- Date ou quantité VARIABLE.

Il est donc possible de définir, suivant les combinaisons de ces réponses, 4 politiques d'approvisionnement du stock.

Quand ?	Date fixe	Date fixe	Date variable	Date variable
Combien ?	Quantité fixe	Quantité variable	Quantité fixe	Quantité variable
Nom de la méthode	Réapprovisionnement fixe périodique	Recomplètement périodique	Point de commande	

Il est bien évident que chaque politique est adaptée à un produit ou à une catégorie de produits. Cela conduit souvent les entreprises à utiliser ces 4 politiques simultanément. La difficulté consiste donc à choisir la meilleure politique adaptée à chaque produit qui permet d'éviter les ruptures de stock sans immobilisation financière importante.

Chaque politique d'approvisionnement a ses avantages et ses inconvénients. Par avantage on appréciera, plus particulièrement, la simplicité de la procédure alors que pour les inconvénients, on mettra en évidence les coûts des procédures et surtout les risques de rupture possible. Chaque méthode n'est donc pas idéale et il faudra alors rechercher à utiliser la méthode la plus simple en s'assurant que les inconvénients de cette méthode sont acceptables pour l'entreprise.

Il sera donc préférable d'attribuer une méthode d'approvisionnement la plus sûre possible, mais sans doute la plus onéreuse, aux produits les plus importants (de classe A) et une méthode simple et économique, même si elle ne nous préserve pas contre les risques de rupture, aux produits les moins importants (de classe C). Pour les produits de classe B, on les considérera comme des produits de classe A ou de classe C en fonction de la politique de service adoptée par l'entreprise.

2.3.2 Approvisionnement à Date variable/Quantité fixe : méthode du point de commande

a) Présentation

Plus connue sous le nom de méthode du point de commande, celle-ci consiste à définir, dans un concept de Juste-À-Temps, le niveau de stock qui doit permettre de déclencher l'ordre d'achat de façon à être livré juste au moment de l'utilisation de la dernière pièce.

Ce niveau de stock doit permettre de satisfaire les besoins durant le délai allant de la date de connaissance de ce niveau à la date de livraison. Le point de commande s'appelle également seuil de commande ou seuil de réapprovisionnement.

Le point de commande est égal à : Cmj × DA où :

- Cmj = Consommation moyenne journalière ;
- DA = Délai d'approvisionnement (exprimé en jours).

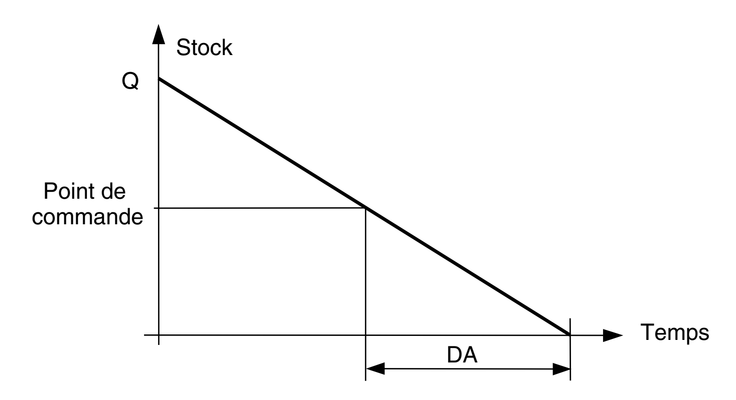


Figure 2.20 **Modélisation de la méthode du point de commande.**

➤ *Valeur du délai d'approvisionnement « DA »*

Trop souvent on ne prend pour DA que le délai de livraison fournisseur. Cette approche est fausse car celui-ci est, en fait, composé de plusieurs délais qui s'additionnent :

– le délai de connaissance du niveau des stocks;
– le délai administratif de décision et de passation d'une commande;
– le délai fournisseur (Délai de livraison);
– le délai administratif de réception d'une commande;
– le délai de mise à jour du niveau des stocks.

- **Délai de connaissance du niveau de stock** : c'est le temps qui s'écoule entre le moment où le stock arrive à un niveau physique donné et le moment où les services fonctionnels sont au courant. Ce temps est estimé nul lorsque le traitement des stocks s'effectue en temps réel alors qu'il peut aller jusqu'à une semaine, ou plus, si le traitement des stocks est effectué en temps différé ou si la prise de décision est centralisée loin du magasin.
- **Délai administratif de passation de commande** : c'est le temps qui s'écoule entre la connaissance du niveau de stock et l'arrivée de la commande chez le fournisseur. Il comprend le temps administratif interne (à l'entreprise) et le temps administratif externe (envoi au fournisseur).
- **Délai fournisseur** : comme son nom l'indique, c'est le temps annoncé par le fournisseur pour la livraison de la marchandise après réception de la commande d'achat. Ce délai englobe le délai de transport du fournisseur à l'entreprise.
- **Délai administratif de réception de commande** : c'est le temps de contrôle des marchandises à la livraison et le temps administratif correspondant interne à l'entreprise.
- **Délai de mise à jour du niveau de stock** : c'est le temps qui s'écoule entre le moment la marchandise est acceptée et les quantités en stock sont à jour dans le système d'information. Ce temps, dépend du mode de traitement informatique du stock, comme pour la connaissance du niveau du stock vu précédemment.

b) Domaine d'application

➤ *Avantages*

Cette méthode :

- permet d'éviter les ruptures de stocks;
- est adaptée à une consommation partiellement irrégulière. Jusqu'au moment de passer la commande d'achat (on a atteint le point de commande), la consommation peut être tout à fait aléatoire. Par contre, après cette valeur du stock, il ne doit plus y avoir d'aléas (consommation régulière égale aux prévisions et respect des délais d'approvisionnement).

➤ *Inconvénients*

Par contre :

- elle impose un suivi permanent des stocks pouvant entraîner des coûts administratifs importants
- et peut encourager à faire des stocks de sécurité.

➤ *En conclusion*

Cette technique est utilisée essentiellement pour les articles de classe A car elle demande un suivi permanent des stocks entraînant un coût de gestion élevé. Le réapprovisionnement s'effectue, généralement, par quantité économique.

2.3.3 Approvisionnement à Date fixe/Quantité fixe : réapprovisionnement fixe périodique

a) Présentation

Dans cette méthode, on prévoit des livraisons de pièces à dates fixes. Les quantités livrées sont égales et peuvent se rapprocher de la quantité économique ou toute autre valeur.

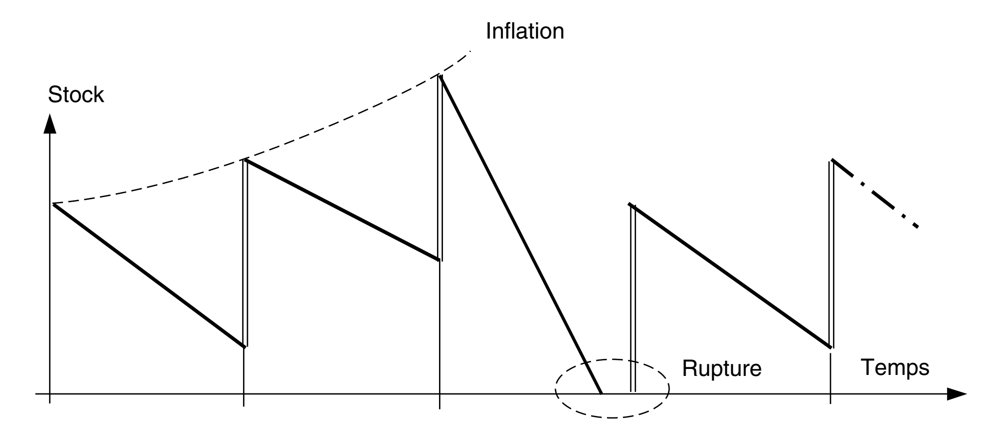


Figure 2.21 **Modélisation du réapprovisionnement fixe périodique.**

b) Domaine d'application

➤ *Avantages*

- C'est la méthode d'approvisionnement la plus simple.

➤ *Inconvénients*

Si la quantité de réapprovisionnement est mal calculée, ou si la consommation n'est pas régulière (comme indiqué sur la figure ci-dessus), il y a risque :
- d'inflation du stock;
- de rupture de stock.

➤ *En conclusion*

Cette méthode est conseillée pour approvisionner des produits de classe C dont la consommation est régulière afin d'éviter les risques de rupture de stock, ou si elle se produit, son effet sera minimisé du fait de la classe d'importance de ces produits.

De plus, afin de minimiser le risque d'inflation du stock non maîtrisé, on privilégiera cette méthode pour des produits de faible valeur.

La manière la plus simple d'application de cette méthode est de passer un contrat annuel avec le fournisseur, ce contrat faisant l'objet d'une livraison partielle périodique.

2.3.4 Approvisionnement à Date fixe/Quantité variable : recomplètement périodique

a) Présentation

Dans cette méthode, appelée également méthode de recomplètement périodique, on définit pour chaque produit un niveau de stock optimum. À période fixe, le fournisseur analyse le stock de son client et recomplète ce stock d'une quantité permettant de d'atteindre le niveau voulu.

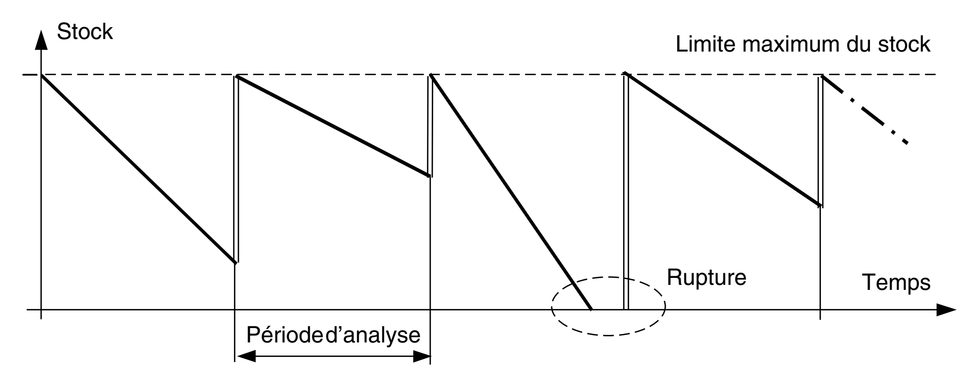


Figure 2.22 **Modélisation du recomplètement périodique (sans délai d'approvisionnement).**

Cette méthode, très couramment utilisée pour le réapprovisionnement des rayons des grande surfaces, possède une variante dans les entreprises. Dans ce cas, à période fixe, le magasinier analyse le stock et passe une commande une quantité permettant de d'atteindre le niveau voulu.

La valeur de recomplètement est déterminée soit au moment de l'analyse du stock (cas de la figure ci-dessus), soit en tenant compte du délai d'approvisionnement de la commande (on ajoute à chaque quantité l'équivalent de la consommation moyenne pendant le délai d'approvisionnement).

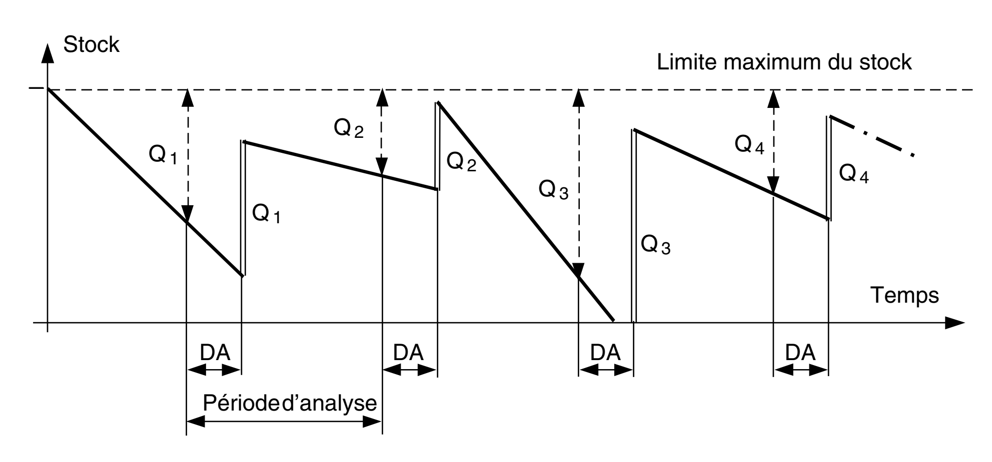


Figure 2.23 **Modélisation du recomplètement périodique (avec délai d'approvisionnement).**

b) Domaine d'application

➤ *Avantages*

Cette méthode permet :

- une gestion des stocks simple ;
- une immobilisation financière faible ou maîtrisée.

➤ *Inconvénients*

Mais elle n'empêche pas la possibilité d'une rupture de stock.

➤ *En conclusion*

Cette méthode garde une partie de la simplicité de la méthode de réapprovisionnement fixe périodique en palliant à l'inconvénient du risque d'inflation du stock. En conséquence nous privilégierons cette méthode pour des produits dont la demande est régulière (pour éviter au maximum les risques de rupture) ou pour des produits peu importants (le risque de rupture ne perturbe pas le fonctionnement de l'entreprise).

Par contre, cette méthode est fortement conseillée pour des produits coûteux, périssables ou encombrants.

Il est possible de faire des périodes d'inventaire, ou d'analyse, différentes suivant les catégories de produits.

2.3.5 Approvisionnement en noria

Dans le cas d'un délai d'approvisionnement important, il est facile de constater que la valeur du point de commande est très important. Pour éviter d'avoir des quantités de commande trop importantes il est préférable d'avoir des quantités d'approvisionnement proche de la quantité économique.

La durée de couverture des besoins (DC) avec la quantité approvisionnée sera alors de :

$$\text{DC} = \frac{\text{Quantité économique}}{\text{Consommation moyenne journalière}} = \frac{\text{Qe}}{\text{Cmj}}$$

Lorsque la quantité approvisionnée ne permet pas de couvrir la consommation correspondante au délai d'approvisionnement (DA), il faut raisonner sur plusieurs périodes de consommation.

Si DA est le délai d'approvisionnement, le délai à prendre en compte pour le calcul du point de commande est donc de : $\text{Délai} = \text{DA} - \text{E}\left[\frac{\text{DA}}{\text{DC}}\right] \times \text{DC}$.

Le point de commande est donc de : $\text{Cmj} \times \text{Délai} = \text{Cmj} \times \left(\text{DA} - \text{E}\left[\frac{\text{DA}}{\text{DC}}\right] \times \text{DC}\right)$.

Il faut bien sûr remarquer que cette méthode ne marche qu'en régime établi. Il faut donc prévoir, en début de fabrication, le stock nécessaire à la couverture du premier délai d'approvisionnement. Il est bien évident, également, de préciser que cette méthode ne marche que si la consommation est TRÈS régulière ; en cas de variation brusque de la demande, on ne peut espérer une livraison qu'après le délai d'approvisionnement.

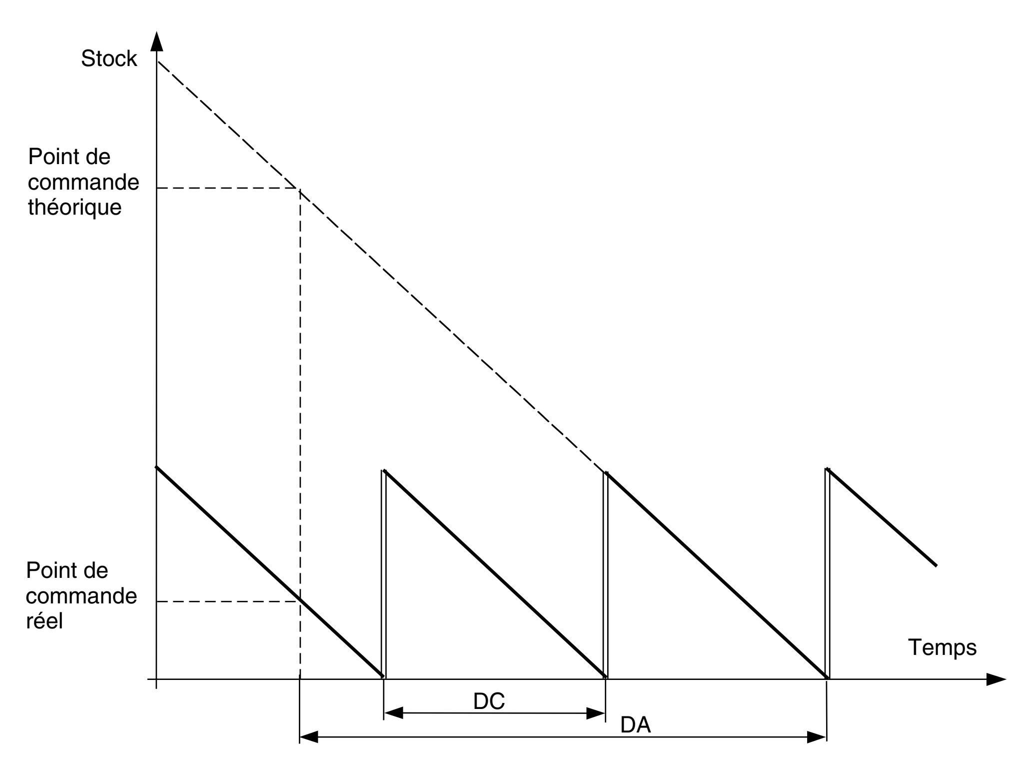


Figure 2.24 **Modélisation de l'approvisionnement en noria.**

2.3.6 Approvisionnement à Date variable/Quantité variable

a) Présentation

D'une manière plus triviale, cette méthode revient à acheter n'importe quoi, n'importe quand. Bien sûr, dans ce cas on ne cherche pas à minimiser l'effet du coût de passation d'une commande.

Cette méthode est principalement utilisée pour deux catégories de produits :

- les articles dont les prix d'achat varient fortement ou dont la disponibilité n'est pas permanente ;
- les articles entrant dans la fabrication de produits unitaires fabriqués à la commande.

b) Produit à forte variation de prix d'achat

L'achat de ce type de produit (métaux précieux, bois exotiques…) se fait sur estimation en fonction des opportunités du marché. Dans les estimations, il faudra prévoir les besoins pour les commandes spécifiques, les fabrications de l'entreprise, les aléas de fabrication…

➤ *Avantages*

Cette méthode permet, éventuellement, de profiter de tarif très intéressant.

➤ *Inconvénients*

Par contre :

- il faut faire un suivi permanent des coûts du marché pour effectuer les achats les plus intéressants ;

- elle ne peut être utilisée que pour un nombre réduit d'article sinon l'entreprise risque de se fragiliser;
- elle peut favoriser la spéculation.

c) Produit pour fabrication unitaire à la commande

L'achat de ce type de produit ne se fait que lorsque la commande du client a été passée.

➤ *Avantages*

Cette méthode permet de ne pas avoir en stock des produits qui risquent de ne jamais être utilisés.

➤ *Inconvénients*

Par contre :
- il faut tenir compte des coûts de passation de commande dans le coût unitaire du produit;
- cette méthode ne permet pas de répondre à une demande aléatoire à délai rapide. Il faut tenir compte des délais d'approvisionnement.

2.3.7 La quantité économique

But

Commander ou fabriquer suffisamment de pièces pour que le total des coûts d'acquisition et de possession, sur une période, soit minimal pour l'entreprise.

Cette période est souvent l'année car les documents comptables nous permettant de connaître les coûts sont annuels, mais il est possible, voire conseillé dans certains cas, de raisonner par période (cas de production saisonnalisée).

Deux types de coûts sont engagés : le coût de lancement (frais fixe) et le coût de possession (frais variable).

a) Le coût de lancement

Chaque fois qu'on lance une commande d'achat ou un ordre de fabrication, cela coûte de l'argent à l'entreprise.

➤ *Application aux approvisionnements*

Le coût d'une commande est obtenu en divisant le coût total de fonctionnement du service achat par le nombre de commandes passées annuellement. Il est possible d'affiner ce calcul en divisant par le nombre de lignes de commandes (correspondant dans une commande à un article).

➤ *Application aux lancements en fabrication*

Le coût d'un lancement en fabrication est obtenu en divisant le coût total de fonctionnement du service ordonnancement, auquel il faut ajouter les coûts de réglage des machines et des préséries, par le nombre de lancement en fabrication.

➤ *Coût de passation d'une commande*

$$Cl = \frac{\sum(\text{Frais de gestion des commandes})}{\text{Nombres de commandes}}$$

Frais de gestion des commandes :
- salaire des acheteurs;
- amortissement des bâtiments et du matériel;
- frais de fonctionnement des bâtiments et du matériel;
- frais des documents et gestion interne;
- frais de Poste et Télécommunication…

➤ *Coût de lancement en fabrication*

$$Cl = \frac{\sum(\text{Frais de lancements en fabrication})}{\text{Nombres de lancements en fabrication}}$$

Frais de lancement en fabrication :
- salaire des régleurs et employés concernés par le lancement en fabrication;
- coût du matériel spécifique à la mise en fabrication;
- coût des pièces de la présérie (déchets, rebuts)…

➤ *Ordre de grandeur*

La valeur dépend essentiellement de l'entreprise et il est difficile de donner une fourchette de valeur, d'autant plus que bon nombre d'entreprises ne savent pas combien leur revient une commande ou un lancement en fabrication. À titre indicatif, sujet à caution, on peut trouver des valeurs comprises entre 10 et 100 euros.

b) Le coût de possession

Le taux de possession annuel « t % » est le coût de possession ramené à un Euro de matériel stocké. Il est obtenu en divisant le coût total des frais de possession par le stock moyen. Ces frais couvrent :
- l'intérêt du capital immobilisé;
- les coûts de magasinage (loyer et entretien des locaux, assurances, frais de personnel et de manutention);
- les détériorations du matériel;
- les risques d'obsolescence.

Le taux couramment utilisé dans les entreprises se situe entre 15 et 35 % suivant le type des articles et la qualité de la gestion des stocks.

➤ *Calcul du taux de possession*

Coût de gestion d'un Euro de stock

$$t = \frac{\sum(\text{Frais de gestion du stock})}{\text{Valeur du stock moyen}}$$

Frais de gestion du stock :
- salaire des magasiniers;
- amortissement des bâtiments et du matériel;

- frais de fonctionnement des bâtiments et du matériel ;
- coût d'assurance ;
- coût de détérioration et d'obsolescence ;
- coût usurier de l'argent…

Valeur du stock moyen (si la période est d'un an)

$$\text{Stock moyen} = \frac{(\text{Stock au bilan de l'année N} - 1) + (\text{Stock au bilan de l'année N})}{2}$$

c) Calcul de la quantité économique

Wilson a établi une formule basée sur un modèle mathématique simplificateur dans lequel on considère que la demande est stable sans tenir compte des évolutions de prix, des risques de rupture et des variations dans le temps des coûts de commande et de lancement.

➤ *Cas d'un réapprovisionnement sans en-cours (livraison immédiate)*

Données du calcul

- N : le nombre de pièces prévues d'être consommées sur la période (fabriquées ou achetées) ;
- Q : le nombre de pièces achetées, ou fabriquées, en une seule fois ;
- Pu : le prix unitaire de la pièce ;
- Ss : le stock de sécurité envisagé pour cette pièce ;
- t : le taux de possession de l'entreprise exprimée en % pour la période ;
- Cl : le coût d'approvisionnement ou de lancement en fabrication.

Calcul du coût annuel de lancement

- Le nombre de lancements pour la période = $\frac{N}{Q}$
- Le coût total de lancement pour la période = $\frac{N}{Q} \cdot Cl$

Calcul du coût de possession

- Le stock moyen dans l'entreprise = $\frac{Q}{2} + Ss$
- Le coût total de possession pour la période = $(\frac{Q}{2} + Ss)\ t\ Pu$

Calcul du total du coût annuel

$$\text{Coût total} = (N \cdot Pu) + (\frac{N}{Q} \cdot Cl) + (\frac{Q}{2} + Ss) \cdot t \cdot Pu$$

Le minimum est atteint lorsque la dérivée de ce coût total par rapport à Q = 0

$$\frac{\delta(CT)}{\delta(Q)} = 0 - \frac{N \cdot Cl}{Q^2} + \frac{t \cdot Pu}{2} + 0 = 0$$

Remarque : Le stock de sécurité n'intervient pas dans cette formule.

Calcul de la quantité économique

Il faut donc trouver Q tel que ce coût total soit minimum. Le minimum est atteint lorsque la dérivée de ce coût total par rapport à Q est nulle. La valeur de Q est alors égale à la quantité économique (notée Q_e).

d'où la formule de Wilson $$Q_e = \sqrt{\frac{2\ N\ Cl}{t\ Pu}}$$

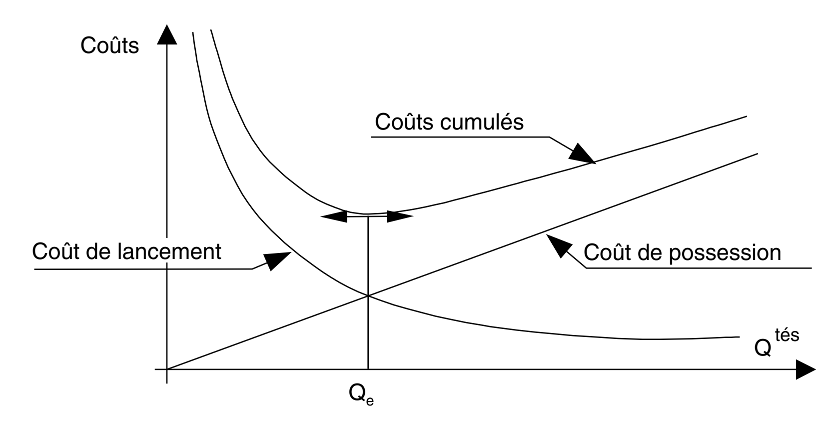


Figure 2.25 **Courbe des coûts.**

Exemple d'application

Trouver la quantité économique qui correspond aux informations suivantes :

– période = année ;
– consommation mensuelle : 1 000 pièces ;
– Pu = 10 euros ;
– Ss = 500 pièces ;
– Cl = 80 euros ;
– t = 25 %.

L'application de la formule de Wilson implique d'utiliser la consommation annuelle, donc : N = 1 000 × 12 = 12 000 pièces.

Calcul de la quantité économique : $Q_e = \sqrt{\frac{2 \times 12\,000 \times 80}{0{,}25 \times 10}} = 876$ pièces.

➤ *Cas où la consommation commence en cours de fabrication du lot*

Pour le modèle de base, nous avons supposé que la livraison était effectuée en une seule fois. Or il arrive fréquemment que la livraison se cale sur le rythme de la production de façon à ce que le stock soit alimenté en continu par le processus de production. Cette situation peut se modéliser de la manière suivante :

Soit :

- Q : la quantité approvisionnée ;
- Cu : le coût unitaire du produit ;
- Cmj : la demande moyenne journalière de l'article ;

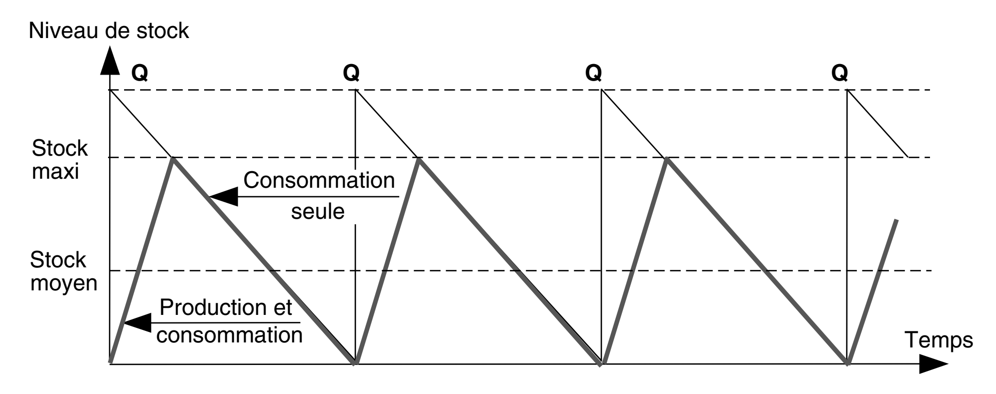


Figure 2.26 **Modèle de réapprovisionnement en continu.**

- Pmj : la cadence de livraison ou de production moyenne journalière;
- N : la demande totale sur la période;
- t : le taux de possession;
- Cl : le coût de lancement en fabrication et d'approvisionnement.

Remarque : Il est évident que le taux de production (Pmj) doit être supérieur au taux de consommation (Cmj) sinon on se trouverait en rupture continuelle.

Le stock maximal est alors : $\text{Smaxi} = Q - Q \cdot \frac{\text{Cmj}}{\text{Pmj}}$

Le stock moyen est alors : $\text{Smoy} = \frac{1}{2}\left(Q - Q \cdot \frac{\text{Cmj}}{\text{Pmj}}\right)$

Le coût de possession : $\text{CP} = \frac{1}{2}\left(Q - Q \cdot \frac{\text{Cmj}}{\text{Pmj}}\right) \cdot \text{Cu} \cdot t$

Le coût de passation de commande ou de lancement : $\text{CL} = \frac{N}{Q} \cdot \text{Cl}$

Le coût de gestion des stocks s'exprime donc par la relation :

$$\text{CG} = \frac{N}{Q} \cdot \text{Cl} + \frac{1}{2}\left(Q - Q \cdot \frac{\text{Cmj}}{\text{Pmj}}\right) \cdot \text{Cu} \cdot t$$

La quantité économique devient : $Q_e = \sqrt{\dfrac{2\,N\,\text{Cl}}{\left(1 - \frac{\text{Cmj}}{\text{Pmj}}\right) t\,\text{Cu}}}$

Exemple d'application

Une ligne de montage alimente le stock de produits finis et les livraisons aux clients sont quotidiennes. Cette ligne est utilisée au montage de plusieurs références. Pour une référence particulière, les données de gestion du stock sont les suivantes :

– la cadence de production Pmj = 50 unités par jour;
– la demande Cmj = 10 unités par jour;
– le coût unitaire Cu = 100 €;

– le taux de possession annuel t = 25 % ;
– le coût d'un lancement Cl = 50 €.

Sachant qu'il y a 250 jours ouvrés par an, la quantité économique de lancement de cette référence sera alors de :

$$Q_e = \sqrt{\frac{2 \times (250 \times 10) \times 50}{\left(1 - \frac{10}{50}\right) \times 100 \times 0{,}25}} \approx 123 \text{ unités.}$$

d) Calcul du coût réel d'un produit acheté

Lorsque l'on veut connaître le prix réel d'un produit il faut rajouter au prix d'achat (prix apparent) le surcoût dû aux coûts de lancement et de possession.

En rajoutant aux conventions précédentes :

- Fl : le surcoût dû au lancement ;
- Fp : le surcoût dû à la possession.

$$Cu = Pu + Fl + Fp$$

Calcul du prix de revient réel

$$Cu = \frac{(N \cdot Pu) + \left(\frac{N}{Q} \cdot Cl\right) + \left(\frac{Q}{2} + Ss\right) \cdot t \cdot Pu}{N} = Pu + \frac{Cl}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + Ss\right) \cdot t \cdot Pu}{N}$$

Remarque : Lorsque le produit est géré sans stock de sécurité et approvisionné par quantité économique, le coût dû au lancement est égal au coût dû à la possession.

$$Cu = Pu + 2\left(\frac{Cl}{Q}\right)$$

Exemple d'application

Trouver le coût réel d'un produit approvisionné selon les informations suivantes :

– période = année ;
– consommation annuelle : 12 000 pièces ;
– Pu = 10 euros ;
– Ss = 500 pièces ;
– Cl = 80 euros ;
– t = 25 % ;
– quantité d'approvisionnement = 1 000 pièces.

Avec les données précédentes :

$$Cu = 10 + \frac{80}{1\,000} + \frac{\left(\frac{1\,000}{2} + 500\right) \times 0{,}25 \times 10}{12\,000} = 10 + 0{,}08 + 0{,}208 = 10{,}288 \text{ €}$$

e) Limite d'application de la quantité économique

➤ *Rappels élémentaires*

Est-il nécessaire de rappeler, que les coûts de lancement et de possession sont ceux de l'entreprise et non des valeurs universelles ? L'expérience montre qu'il n'est peut être pas vain de le souligner.

Ces valeurs sont rarement connues dans l'entreprise. Si elle le sont, elles doivent être remises en cause régulièrement (évolution des coûts, des quantités nécessaires, de l'organisation de l'entreprise…).

➤ *Domaine d'application*

Compte tenu des hypothèses simplificatrices de la formule, celle-ci ne s'applique pas lorsque la consommation et/ou les prix sont fortement instables. Toutefois, si le résultat n'est pas exact dans ce cas, il peut servir d'indicateur d'ordre de grandeur.

➤ *Utilisation de la quantité exacte*

Une idiotie serait de commander exactement la quantité obtenue par la formule. En effet celle-ci ne donnera jamais un résultat compatible avec les unités d'achat imposées par le fournisseur.

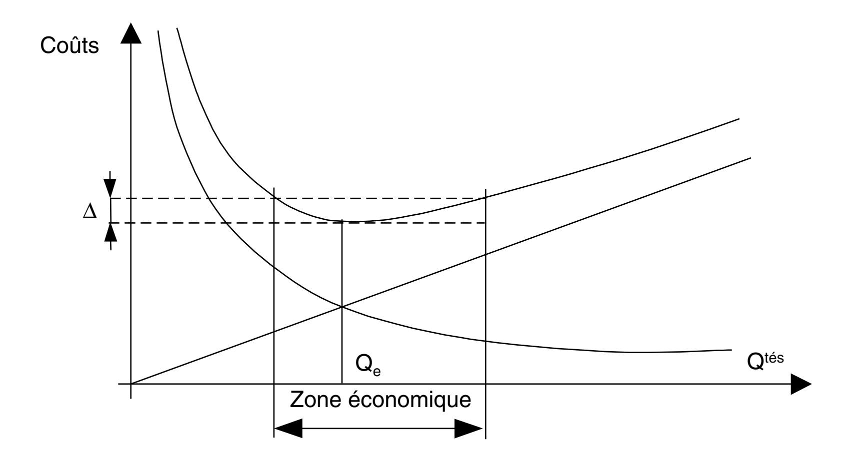


Figure 2.27 **Zone économique.**

Il est possible de constater qu'au voisinage de l'optimum, le coût varie très peu. Il est donc tout à fait possible de choisir une quantité proche de Q_e plus en accord avec les contraintes économiques.

$$Cu = Pu + \frac{Cl}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + Ss\right) \cdot t \cdot Pu}{N} = V \text{ (valeur acceptable par l'entreprise)}$$

On en tire l'équation du second degré :

$$\frac{t \cdot Pu}{2} Q^2 + (N \cdot Pu + Ss \cdot t \cdot Pu - N \cdot V)\, Q + N \cdot Cl = 0$$

Exemple d'application

Trouver la zone économique qui correspond aux informations suivantes :
- période = année ;
- consommation annuelle : 12 000 pièces ;
- Pu = 10 euros ;
- Ss = 500 pièces ;
- Cl = 80 euros ;
- t = 25 % ;
- coût réel unitaire maximum = 10,30 euros.

L'équation devient :

$$\frac{10 \times 0{,}25}{2} Q^2 + [(12\,000 \times 10) + (500 \times 0{,}25 \times 10) - (12\,000 \times 10{,}30)]Q$$
$$+ (12\,000 \times 80) = 0$$
$$1{,}25\ Q^2 - 2\,350\ Q + 960\,000 = 0$$
$$\sqrt{\Delta} = \sqrt{b^2 - 4\ a\ c} = \sqrt{(2\,350)^2 - 4 \times 1{,}25 \times 960\,000} = 850$$

ce qui nous donne les deux valeurs :

$$Q_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = 600 \text{ pièces} \qquad Q_2 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = 1\,280 \text{ pièces}$$

En supposant que le fournisseur conditionne cette pièce par 250, il est possible d'approvisionner 750, 1 000 ou 1 250 pièces par commande en respectant le coût réel unitaire maximum.

f) Problème des remises

Lors d'un approvisionnement, il est possible qu'un fournisseur propose une remise pour un achat en grande quantité.

Attention : Dans une entreprise, un achat en plus grande quantité augmente considérablement les coûts de possession, rendant peut-être caduque la remise financière. Il faut donc accepter une remise lorsque le coût total baisse et non lorsque le coût apparent (prix unitaire) baisse.

➤ *Cas d'une simple remise*

Dans notre exemple, trouvons le taux de remise minimum acceptable pour une proposition de livraison de 5 000 pièces.

Il ne faut accepter une remise :
- que lorsque le coût total baisse ;
- et non lorsque le coût apparent (prix unitaire) baisse.

Attention : Une remise correspond à un achat en grande quantité, ce qui augmente les coûts de possession, rendant peut-être caduque la remise financière.

Si R est la remise, le prix proposé est égal à : Pu (1 – R)

Il faut alors que : $$Pu\,(1 - R) + \frac{Cl}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + Ss\right) \cdot t \cdot Pu(1 - R)}{N} \leq CuQe$$

On tire alors : $R \geq \dfrac{Pu\left(N+\left(\dfrac{Q}{2}+Ss\right)t\right)+\dfrac{N\,Cl}{Q}-N\,CuQe}{Pu\left(N+\left(\dfrac{Q}{2}+Ss\right)t\right)}$

Si R est la remise, le prix proposé est égal à : Pu (1 – R), il faut alors que :

$$Pu\,(1-R)+\frac{Cl}{Q}+\frac{\left(\dfrac{Q}{2}+Ss\right)\cdot t\cdot Pu(1-R)}{N}\leq 10{,}30$$

Avec les valeurs numériques, cela donne :

$$10\,(1-R)+\frac{80}{5\,000}+\frac{\left(\dfrac{5\,000}{2}+500\right)\times 0{,}25\times 10(1-R)}{12\,000}\leq 10{,}3$$

$$10-10R+0{,}016+\left(\frac{3\,000\times 0{,}25\times 10}{12\,000}\right)-\left(\frac{3\,000\times 0{,}25\times 10}{12\,000}\right)R\leq 10{,}30$$

$$10{,}641-10{,}625\,R\leq 10{,}30\rightarrow R\geq 0{,}032$$

Nous en déduisons qu'il ne faudra pas accepter une remise inférieure à 3,5 % pour une commande de 5 000 pièces compte tenu des coûts internes à l'entreprise.

➤ *Cas d'une remise progressive*

Si un fournisseur consent des remises par tranches applicables à la totalité de la commande, il est possible de se trouver dans la situation suivante.

Soit, pour un produit P au prix unitaire de 20 €. Suivant la quantité commandée, le fournisseur propose les remises suivantes.

si	Q < 1 000	Aucune remise
	1 000 ≤ Q < 3 000	Remise de 2 %
	3 000 ≤ Q < 6 000	Remise de 3 %
	6 000 ≤ Q	Remise de 4 %

La courbe du coût total d'approvisionnement est formée de plusieurs branches correspondant, chacune, à la zone de validité des remises. Il s'agit de trouver le point minimum de cet ensemble de courbes.

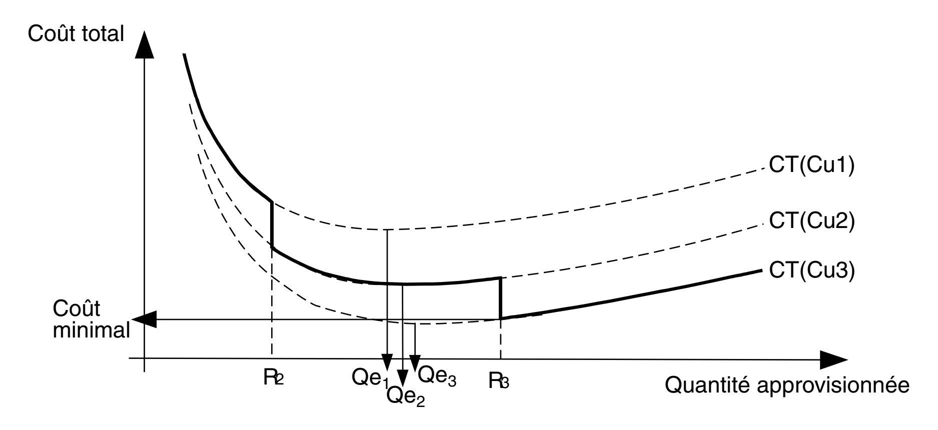


Figure 2.28 **Courbe des coûts avec remises.**

La courbe de coût total d'approvisionnement est formée de plusieurs branches correspondant, chacune, à une zone de validité de la remise. Il s'agit de trouver le point minimum de cet ensemble de courbes.

En général, les quantités correspondant à la série économique se trouvera dans la zone de validité d'une remise. Les comparaisons sont donc à faire avec des points qui ne sont pas des valeurs de série économique.

Seule, la quantité économique Qe_1 se trouve dans la zone de validité de la remise qui lui est applicable.

2.3.8 Stock de sécurité

Quelle que soit la méthode utilisée, tous les calculs s'effectuent sur des moyennes (consommation, délai d'approvisionnement…). Sauf être dans un monde idéal, cela ne se passe jamais comme on l'a prévu et il faut tenir compte de deux types d'aléas qui peuvent nous conduire à une rupture de stock :

- une augmentation de la consommation ;
- une augmentation du délai d'approvisionnement.

Le stock de sécurité est alors une quantité en stock qui doit permettre de pallier à ces aléas. Le calcul de ce stock de sécurité peut se déterminer de manière déterministe (on se fixe des valeurs moyennes d'aléas) ou de manière probabiliste (on se fixe un taux de service à atteindre). Ce taux de service étant défini comme :

$$Ts = \frac{\text{Nombre de demandes satisfaites dans la totalité et dans les temps}}{\text{Nombre total de demandes}}$$

a) Stock de sécurité (modèle déterministe)

Si on souhaite pallier à ces aléas, il est possible d'envisager un stock de sécurité qui permettra de réagir face à une augmentation de la consommation ou du délai fournisseur. Le stock de sécurité est à prendre en compte en supplément dans le calcul du point de commande.

➤ *Augmentation de la consommation*

Si cette augmentation revient à une consommation de Cmj' pièces par unité de temps alors que le point de commande a été calculé avec une consommation de Cmj pièces par unité de temps, le stock de sécurité sera égal à : (Cmj' – Cmj) × DA.

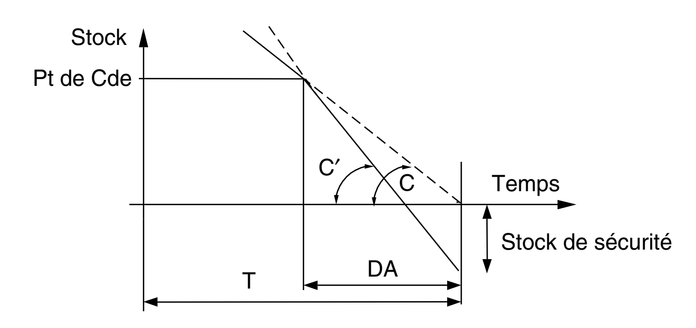


Figure 2.29 **Stock de sécurité déterministe (augmentation de la consommation).**

➤ *Augmentation du délai de livraison*

Le stock de sécurité est égal à : Cmj · ΔDA où ΔDA est le dépassement prévisible du délai de livraison.

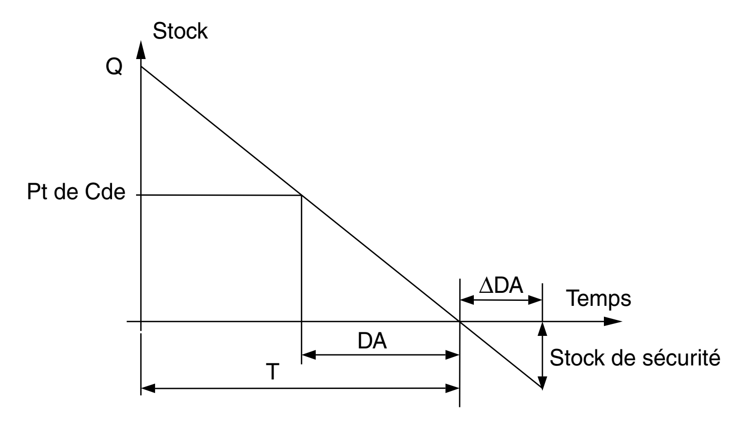


Figure 2.30 – Stock de sécurité (augmentation du délai d'approvisionnement).

Remarque de l'auteur : Dans le cas d'une recherche de sécurité maximum, il faudrait étudier le cas de l'existence des deux aléas simultanément. Cela nous conduirait à un stock de sécurité de (Cmj' – Cmj) × (DA + ΔDA). On arrive très vite à des valeurs importantes qui peuvent être préjudiciables pour l'entreprise. Aussi nous conseillons de prendre en compte le stock de sécurité qui couvre l'aléa le plus contraignant.

b) Stock de sécurité (modèle probabiliste)

Nous avons vu dans le modèle déterministe que le calcul du stock de sécurité se calcule avec des valeurs moyennes de la consommation et du délai d'approfondissement et des écarts déterministes de ces valeurs. D'une manière générale, on caractérise la consommation et le délai par une loi normale.

Afin de mieux comprendre les calculs, les exemples ci-dessous ne concernent que les produits approvisionnés par la méthode du point de commande. Dans ce cas, le délai de protection se limite au délai d'approvisionnement.

➤ *Augmentation de la consommation*

La recherche du stock de sécurité revient à rechercher la valeur limite t qui nous assure une probabilité $\mathcal{P}$ % (taux de service) que la variable X (demande moyenne : Cmj) soit inférieure ou égale à cette limite.

$$\mathcal{P}\,(X \le t) = \mathcal{P}\left(\frac{X - \bar{x}}{\sigma} \le \frac{t - \bar{x}}{\sigma}\right) = \Pi \text{ (valeur du tableau correspondant à } \mathcal{P}\ \%)$$

Exemple d'application

Étant donnée une pièce dont la consommation journalière Cmj suit la loi normale c (20; 2,5), quel est le stock de sécurité qui nous assure un taux de service de 95 % avec un délai d'approvisionnement de 8 jours ouvrés.

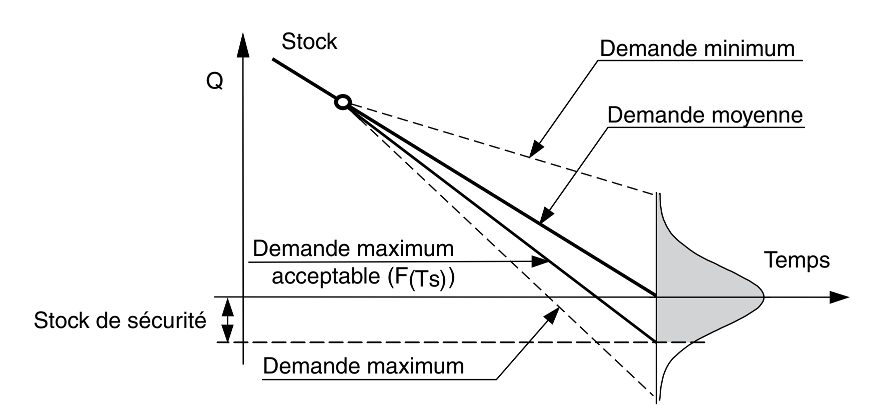


Figure 2.31 – **Stock de sécurité probabiliste (augmentation de la consommation).**

Une probabilité de 95 % correspond à $\prod(1,645)$

	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633

$$\mathcal{P}\,(Cmj \le t) = \mathcal{P}\left(\frac{Cmj - \overline{Cmj}}{\sigma} \le \frac{t - 20}{2,5}\right) = \prod(1,645)$$

$\Delta Cmj \le 1,645 \times 2,5 = 4,1125$ donc $Ssec = 4,1125 \times 8 = 32,9$ soit 33 pièces.
Le point de commande, sans stock de sécurité, étant de 160 pièces (20 × 8) devient, avec stock de sécurité 193 pièces (160 + 33).

➤ *Augmentation du délai de livraison*

Dans ce cas, le raisonnement est similaire au précédent conformément à la figure ci-dessous.

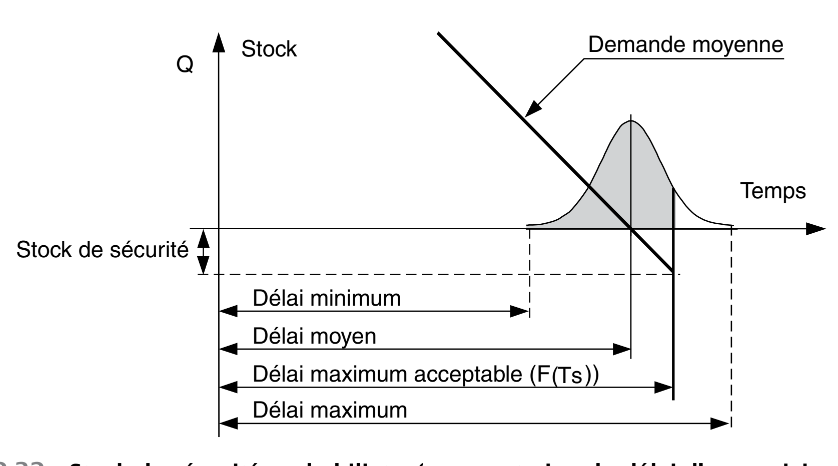


Figure 2.32 – **Stock de sécurité probabiliste (augmentation du délai d'approvisionnement).**

Exemple d'application

Étant donnée une pièce dont la consommation journalière Cmj est de 20 pièces, quel est le stock de sécurité qui nous assure un taux de service de 95 % avec un délai d'approvisionnement en jours ouvrés qui suit la loi normale $\mathcal{D}$ (8 ; 2) ?

Une probabilité de 95 % correspond à $\prod$ (1,645).

	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633

$$\mathcal{P}\,(\text{DA} \leq \text{t}) = \mathcal{P}\left(\frac{\text{DA} - \overline{\text{DA}}}{\sigma} \leq \frac{\text{t} - 8}{2}\right) = \prod\,(1{,}645)$$

ΔDA $\leq 1{,}645 \times 2 = 3{,}29$ donc Ssec $= 3{,}29 \times 20 = 65{,}8$ soit 66 pièces

Le point de commande, sans stock de sécurité, étant de 160 pièces (20×8) devient, avec stock de sécurité 226 pièces (160 + 66).

➤ *Augmentation de la consommation et du délai de livraison*

Exemple d'application

Étant donnée une pièce dont la consommation journalière Cmj suit la loi normale c (20; 2,5), quel est le stock de sécurité qui nous assure un taux de service de 95 % avec un délai d'approvisionnement en jours ouvrés qui suit la loi normale $\mathcal{D}$ (8 ; 2) ?

Tout d'abord, en considérant le délai moyen et la variation de la consommation, la demande totale, sur la période du délai d'approvisionnement suit donc une loi normale $c\mathcal{T}_C$ $((20 \times 8); (2{,}5\sqrt{8}))$ c'est-à-dire la loi $c\mathcal{T}_C$ (160 ; 7,07).

De même, en considérant la consommation moyenne et la variation du délai, la demande totale suit également la loi normale liée au délai $c\mathcal{T}_D$ (160 ; 20×2), c'est-à-dire la loi $c\mathcal{T}_D$ (160 ; 40).

Les variations de la consommation et du délai étant indépendantes, on peut appliquer la propriété de l'additivité des variances du théorème de la limite centrale.

L'écart type de l'ensemble est égal à $\sigma = \sqrt{\sigma^2_{CTC} + \sigma^2_{CTD}} = \sqrt{7{,}07^2 + 40^2} = 40{,}62$

On peut donc maintenant considérer que la demande suit la loi normale $\mathcal{D}$ (160 ; 40,62). Le stock de sécurité sera alors de : Ssec $= 1{,}645 \times 40{,}62 = 67$ pièces.

Le point de commande, sans stock de sécurité, étant de 160 pièces (20×8) devient, avec stock de sécurité 227 pièces (160 + 67).

Remarque : Au regard des données de l'entreprise et des résultats obtenus, on peut noter que ce sont les variations de la consommation liées au délai qui sont les plus critiques.

2.3.9 MRP0 – *Material Requirement Planning*[1]

La méthode MRP, à son origine, signifiait *Material Requirement Planning* et ne concernait que le calcul des besoins en composants et pouvait être considérée comme **une autre méthode de réapprovisionnement du stock**. Depuis, cette technique s'est développée et la partie calcul des besoins est plus connue aujourd'hui sous le nom de MRP0 ou MRP de Classe C.

Les méthodes de réapprovisionnement que nous avons vu jusqu'ici étaient basées sur des prévisions indépendantes des produits entre eux. Or, il est facile de démontrer que plus le nombre de produits est important dans la réalisation d'un produit fini plus la probabilité de réaliser ce produit fini sans rupture de stock est faible. En effet, si chaque composant d'un produit fini a une disponibilité de 0,9 la probabilité d'avoir le produit fini est pratiquement nulle.

Nombre de composants	1	2	3	4	...	...	n
Taux de disponibilité	0,9	$(0,9)^2$	$(0,9)^3$	$(0,9)^4$			$(0,9)^n$
	0,9	0,81	0,73	0,65			≅ 0

Joseph Orlicky, le créateur de cette méthode, a démontré qu'il était possible de prévoir le calendrier de réapprovisionnement des produits du stock à partir de données techniques et de données commerciales. Il n'était plus alors indispensable de définir des approvisionnements sur des statistiques de consommations précédentes et de prévoir des stocks de sécurité importants.

2.4 Les « achats »

2.4.1 Missions de la fonction achats

Si les approvisionnements est d'assurer la programmation des besoins et la gestion au quotidien des stocks, les achats concerneront, plus particulièrement, toutes les relations avec les fournisseurs.

Les missions de la fonction achat sont :

- à court terme, de procurer les produits demandés, conformes en quantité, qualité et délai avec un niveau de service en conformité avec la politique d'approvisionnement élaborée par l'entreprise ;
- à long terme, d'être à l'écoute des évolutions du marché amont afin de définir et mettre en place une stratégie d'achat.

La fonction achat repose sur la relation et la négociation (recherche des meilleures conditions, solidité, signature du contrat au sens juridique) avec les fournisseurs.

2.4.2 Achats et stratégie d'entreprise

Face à la poussée de la concurrence, les entreprises se recentrent sur leur métier et externalisent toutes les activités qui ne caractérisent pas leur savoir-faire spécifique. De plus, la

1. Voir la présentation de cette méthode dans le chapitre 6.

complexité des technologies mises en œuvre ne cessant d'augmenter, l'entreprise fait souvent le choix de ne pas avoir la compétence en interne. La fonction achats évolue donc de plus en plus vers l'achat de fonctions complètes (prestation intellectuelle et industrielle) : l'achat de sous-traitance devient maintenant une préoccupation majeure dans un bon nombre de grandes entreprises.

Les entreprises sont amenées à considérer les fournisseurs comme de véritables partenaires avec lesquels elles sont amenées collaborer en les associant dans la conception des nouveaux produits. La fonction achats se trouve ainsi associée très tôt dans le processus de conception.

La sélection des fournisseurs ne se fait plus uniquement sur le prix, la qualité et les délais de mise à disposition des produits mais elle doit, maintenant, intégrer les aspects de services associés, de capacité de conception, de confidentialité… faisant du fournisseur un véritable partenaire.

2.4.3 Sélection des fournisseurs

Les achats s'assurent de la qualité de l'expression des besoins et de la bonne rédaction des cahiers des charges car il a la responsabilité juridique en rédigeant les marchés et les contrats d'approvisionnement.

Afin de minimiser les délais d'approvisionnement, le service achats doit avoir une faculté d'anticipation en recherchant des fournisseurs potentiels et en effectuant des consultations de prix avant même l'expression exacte des besoins.

Dans le cas de nouveaux fournisseurs, le service achats mettra en œuvre des procédures de contrôle strict des produits pouvant aller jusqu'à la définition d'une procédure d'homologation des produits ou des fournisseurs eux-mêmes.

La sélection des fournisseurs doit se faire dans le cadre de la stratégie d'achat. Pour cela, on peut avoir :

- un fournisseur en exclusivité si on recherche un niveau de qualité précis, un produit précis ou un produit protégé par un brevet;
- plusieurs fournisseurs pour un même produit. On vise alors une diversification des sources afin de s'assurer une sécurité d'approvisionnement. Généralement, dans ce cas, on aura un fournisseur principal avec lequel on négociera des prix et des délais serrés et un ou plusieurs fournisseurs secondaires qui permettront d'assurer souplesse et sécurité.

Le processus de sélection s'effectue en deux grandes étapes :

- tout d'abord une présélection doit être conduite pour connaître une liste de fournisseurs potentiellement éligible lors de consultations futures. Pour cela on appréciera le fournisseur sur des informations annoncées *a priori* (compétences techniques, certifications, fourchettes de prix…). Cette présélection s'effectue sur une connaissance du marché, par le bouche à oreille, par des visites à des salons, par lecture de revues, magazines, catalogues (Kompass…);
- sélection proprement dite sur une cotation des prestations annoncées par le fournisseur lors d'une consultation par appel d'offre. Cette appréciation s'effectue sur une analyse multi-critères qu'il faudra pondérer (compétence technique, prix, qualité, délai, conditions de livraison, prestations associées, souplesse d'adaptation, santé financière, notoriété…).

2.4.4 La sous-traitance

a) Définition

Définition

La sous-traitance consiste à faire réaliser par d'autres tout ou partie des fabrications ou activités que l'on ne peut pas (ou que l'on a décidé de ne pas) réaliser soi-même. Le donneur d'ordre confie à un sous-traitant la réalisation d'une tâche suivant des directives bien précise exprimées sous forme d'un cahier des charges.

b) Formes de sous-traitance

➤ *Sous-traitance de capacité*

Cette sous-traitance consiste à faire exécuter par une ou plusieurs entreprises, une surcharge de travail dont l'entreprise (donneur d'ordre) n'a pas la capacité de faire, bien qu'elle possède le savoir-faire et les moyens techniques nécessaires à la réalisation. Ce type de sous-traitance peut être nécessaire en cas de surcharge conjoncturelle (commande aléatoire, panne machine momentanée, absentéisme…) ou en cas de forte saisonnalité.

➤ *Sous-traitance de spécialité*

Dans ce type de sous-traitance, l'entreprise ne dispose ni du savoir-faire ni des moyens nécessaires à la réalisation de certaines fabrications ou activités et ne souhaite pas, ou ne peut pas, investir dans ces domaines. On retrouve, ici, des entreprises qui ont fait le choix de supprimer des pans entiers de professions pour ne se consacrer qu'à leur savoir faire. Tout en sous traitant de nombreux sous-ensembles ou prestations, les entreprises gardent tout de même la maîtrise totale de leurs produits.

➤ *Sous-traitance économique et délocalisation*

Les entreprises dont la motivation essentielle est la baisse des coûts de revient vont jusqu'à délocaliser certaines de leurs activités ou choisir des sous-traitants dans des pays où les salaires sont faibles. On trouve, également cette approche pour quelques entreprises tertiaires qui sous-traitent leurs saisies de données dans ce type de pays via Internet.

Dans ce type de délocalisation, les donneurs d'ordres doivent être prudents car, si à court terme le résultat peut-être attirant à long terme ce type de sous-traitance pour affaiblir l'entreprise et la mettre en danger. En effet, si, dans un premier temps, on peut noter une diminution des coûts directs, on peut s'apercevoir qu'à long terme les coûts indirects prennent une trop grande importance, ce qui peut nuire à la compétitivité de l'entreprise. D'autre part, dans ces pays, les régimes gouvernementaux sont rarement stables et cela peut conduire à des déboires financiers trop importants. On note, à ce sujet, le revirement de position de plusieurs entreprises sur ce type de délocalisation.

c) Précautions à prendre

➤ ***Responsabilité vis-à-vis des clients***

C'est toujours le donneur d'ordre qui est responsable vis-à-vis des clients, en conséquence, le donneur d'ordres doit :

- faire attention à la qualité de réalisation et ne pas hésiter à envisager la certification des sous-traitants ;
- intégrer les surcoûts éventuellement engagés dans les propositions de prix ;
- faire attention aux dérives de temps car c'est toujours lui qui est responsable des retards.

➤ *Impacts sur l'organisation*

Sous-traiter une partie de produit nécessite de gérer en stock de nouveaux produits semis finis (identification de produit avant et après la sous-traitance). De plus, ce mode de fonctionnement augmente souvent les délais et donc augmente les en-cours.

➤ *Risques professionnels*

Le donneur d'ordre, en axant ses efforts sur la sous-traitance de spécialité ou vers la délocalisation peut, progressivement, perdre sa compétence dans un, ou plusieurs, domaine(s) qui la fragilisera à plus ou moins long terme.

LA FONCTION « NÉGOCE »

3

Quel que soit le métier pratiqué, une entreprise a besoin d'activités de négoce pour vivre. Ces activités se composent de deux activités principales :

- L'activité commerciale comprenant :
  - la fonction commerciale ;
  - l'administration des ventes.
- La distribution physique comprenant :
  - l'activité de l'entrepôt ;
  - la gestion des transports ;
  - la livraison – la logistique de transport.

La distribution physique désigne l'ensemble des opérations logistiques situées en aval du système de production. Ces activités interviennent depuis l'expédition des produits jusqu'à la livraison au client c'est-à-dire les opérations de traitement des commandes, d'emballage, de gestion de stock de produits finis, de manutention, d'entreposage et de transport.

De ce fait, la distribution physique représente une part importante dans le chiffre d'affaires d'une entreprise ce qui justifie l'intérêt particulier que portent les industriels à ce secteur depuis plusieurs années.

3.1 FONCTION COMMERCIALE

Dans la **fonction commerciale** on trouve généralement des vendeurs, des activités liées à la vente, à la gestion et à la présentation des produits ainsi que la gestion de la demande des clients. Dans leur tâche, les commerciaux sont amenés à analyser la situation et le problème du client afin de faire une proposition d'une formule produit-service, conforme à une politique commerciale, et qui devrait se concrétiser par l'acte de commande de la part du client.

3.1.1 Les lois du marché

Il est possible de constater que la demande des clients suit des lois différentes suivant les produits. C'est ainsi, qu'une analyse des habitudes de consommation d'un produit par période de temps (le mois, la semaine, le jour) peut nous montrer les types de consommation suivants :

a) Consommation constante

L'ensemble des valeurs de la variable d'étude varie autour d'un niveau moyen à peu près constant.

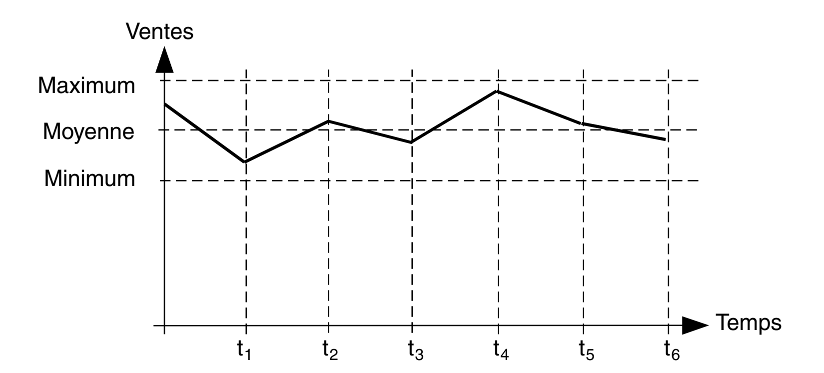


Figure 3.1 Ventes à tendance constante sans saisonnalité.

b) Tendance croissante, sans saisonnalité

L'ensemble des valeurs de la variable d'étude varie autour d'un niveau moyen qui augmente (ou diminue, dans le cas d'une tendance décroissante) d'une quantité à peu près constante déterminant, ainsi, une droite de tendance.

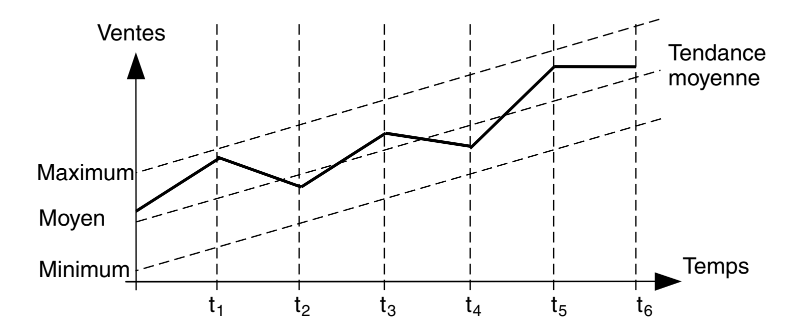


Figure 3.2 Ventes à tendance croissante sans saisonnalité.

c) Saisonnalité à tendance constante

On désigne par saisonnalité les fluctuations de la demande qui se répètent à intervalles réguliers. Ces évolutions sont en général reliées à un ou plusieurs facteurs environnementaux (comme les facteurs météorologiques, les effets du calendrier, les vacances…).

La demande des clients subit donc de fortes variations positives, ou négatives, aux mêmes périodes de chaque année.

Les variations saisonnières constituent des accroissements et des baisses des valeurs des données, intervenant suivant une périodicité, appelée **cycle saisonnier**. Dans l'exemple ci-dessous, ce cycle saisonnier est de 6 unités de temps.

Maximum
Minimum
Temps
t_1 t_2 t_3 t_4 t_5 t_6 t_7 t_8 t_9 t_{10} t_{11}

Figure 3.3 Ventes saisonnalisées à tendance constante.

d) Consommation saisonnière à tendance

Cette loi, combinaison des deux précédentes, permet de montrer que les variations saisonnières (positives ou négatives) ont tendance à augmenter ou diminuer régulièrement.

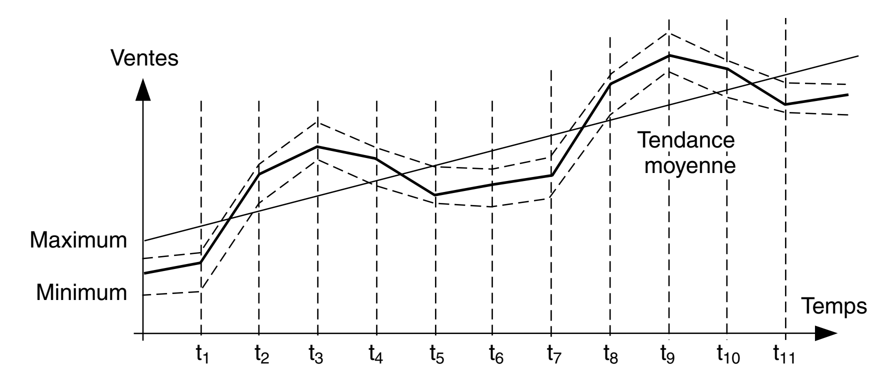


Figure 3.4 Ventes saisonnalisées à tendance croissante.

3.1.2 Prévision des ventes

La détermination de la demande est un paramètre essentiel de la gestion commerciale. Les entreprises utilisent très souvent des méthodes simples et peu coûteuses qui consistent à déterminer les ventes futures à partir des ventes du passé. Dans le système économique actuel où la demande est très fluctuante et répond à des critères qui ne sont pas toujours rationnels, ce type d'approche montre ses limites. Toutefois, afin de familiariser le lecteur au problème des prévisions des ventes, c'est celle que nous utiliserons par la suite.

Les prévisions se font toujours pour une variable quantifiable. Les données qui permettent de faire les prévisions d'une variable sont de deux natures :

- des données pédictives faites par des études de marché, des avis d'experts, des enquêtes auprès des gens concernés par la variable étudiée…
- des données relevées dans le passé que l'on modélise pour faire une projection dans l'avenir.

Les données prédictives sont difficiles à manipuler et à interpréter et on voit plus souvent les responsables établir des prévisions à partir des historiques de la variable étudiée. Nous ne présenterons, par la suite, que des méthodes qui s'appuient sur des historiques de données que l'on modélise pour faire une projection dans le futur. Un historique est composé d'une suite de valeurs ordonnées dans le temps.

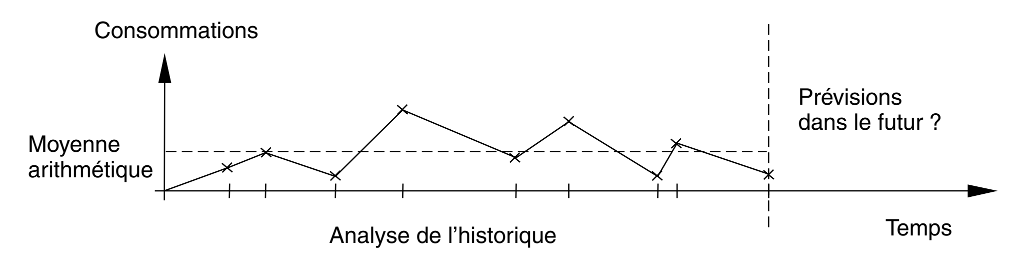


Figure 3.5 Problème de la prévision à partir d'un historique.

Pour déterminer des prévisions, il convient de détecter dans l'historique des valeurs de la variable une forme que l'on va extrapoler dans le futur. Un historique peut être analysé sur deux composantes principales :

- La composante de **tendance** qui représente l'évolution générale des valeurs de la variable qui s'effectue dans un sens déterminé et qui se maintient pendant plusieurs périodes.
- La composante de **saisonnalité** qui représente des variations périodiques sur une période représentative des valeurs de données (souvent l'année). La détection d'une saisonnalité est moins simple qu'elle ne paraît de prime abord.

D'une manière générale, ces deux composantes se combinent et sont donc à étudier simultanément.

a) Modélisation de données

L'évolution d'une variable de gestion de production dans le temps suit rarement une loi continue et s'exprime plutôt suivant une courbe en forme « d'escalier » (exemple de l'évolution de la quantité en stock d'un produit).

La modélisation la plus simple et la plus courante est de faire une extrapolation linéaire mais il est possible également de faire :

- une extrapolation exponentielle ;
- une extrapolation logarithmique.

Modéliser un phénomène sur le type de graphe de la figure 3.5 est une opération difficile. Afin de nous aider dans la modélisation, on lui préférera donc une représentation cumulée dans le temps des valeurs de la variable étudiée (figure 3.6).

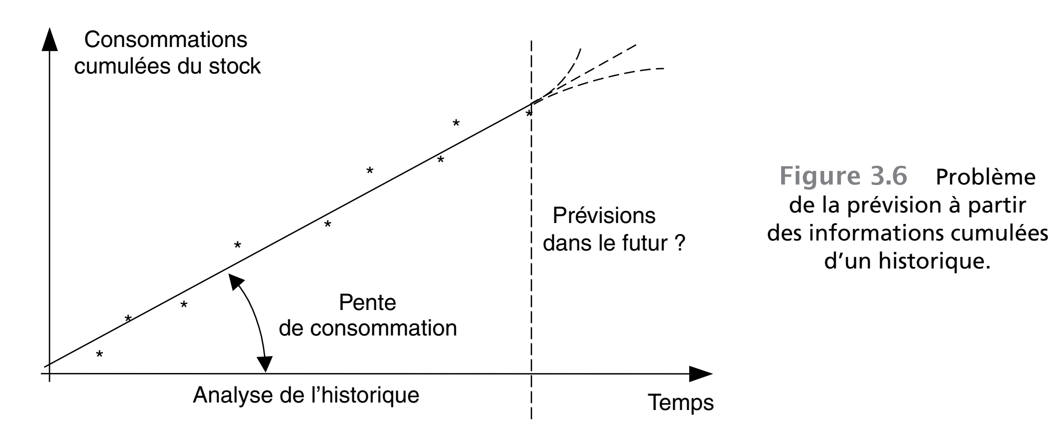


Figure 3.6 Problème de la prévision à partir des informations cumulées d'un historique.

C'est après l'analyse de la forme de cette représentation que nous choisirons d'effectuer une extrapolation linéaire, exponentielle ou logarithmique.

➤ *Précision de la prévision*

La précision d'une prévision dépend principalement :

- des données historiques disponibles concernant le problème étudié ;
- de la précision souhaitée dans les prévisions ;
- de l'horizon de prévision visé.

Toutes les données ne sont pas forcément utilisables. En effet, il faut éliminer les perturbations importantes et accidentelles (valeurs anormales) dont l'origine est connue pour pouvoir rechercher des stabilités significatives des historiques étudiés. Ces éliminations s'effectuent après analyse graphique des données.

Il est bien évident que, plus on extrapole loin des données connues, plus le risque d'erreurs est grand. Il convient d'être extrêmement prudent lorsque l'on prolonge des tendances observées.

b) Méthodes de modélisation ou d'extrapolation

Les méthodes de prévision quantitatives recherchent, dans les données passées, des lois de comportement qui sont ensuite projetées sur l'avenir. Les données utilisées dans ce cas sont supposées objectives (toutes les valeurs anormales ont été éliminées). Ces techniques cherchent à déterminer l'avenir de la variable à partir de l'analyse des données du passé concernant cette même variable.

➤ *Analyse de la tendance*

Il est courant de modéliser un phénomène par une droite (tendance, consommation…). La détermination du coefficient directeur de la droite peut se faire de différentes manières :

Moyenne arithmétique

Une analyse graphique des données constitue une première étape importante. Les indicateurs statistiques de base sont la moyenne arithmétique des données de l'historique et ensuite l'écart-type qui constitue une mesure de la dispersion des données autour de cette moyenne.

Le coefficient directeur de la droite est, dans ce cas, égal à la moyenne arithmétique. Cette méthode a l'avantage d'être simple mais ne montre pas du tout la tendance du phénomène étudié. Elle est donc pratique pour étudier un phénomène qui n'a ni tendance, ni saisonnalité.

Soit une entreprise dont les ventes sur les trois dernières années sont :

Année	*N*–2				*N*–1				*N*			
Trimestre	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Ventes	450	550	650	525	475	625	750	600	500	675	750	650

La moyenne arithmétique est alors de :

$$\overline{V} = \frac{(450 + 550 + 650 + 525 + 475 + 625 + 750 + 600 + 500 + 675 + 750 + 650)}{12} = 600$$

Cette donnée est intéressante mais elle n'est utilisable que si on connaît la dispersion des valeurs qui ont permis de calculer cette moyenne. Cette dispersion est fournie grâce à l'écart type σ.

$$\sigma = \sqrt{\text{variance}} = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n}(Vi - \nabla)^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \frac{150^2 + 50^2 + 50^2 + 75^2 + 125^2 + 25^2 + 150^2 + 0 + 100^2 + 75^2 + 150^2 + 50^2}{12-1} = 101$$

Interprétation graphique

On représente les points de l'historique sur un graphe de valeurs cumulées comme indiqué dans la figure 3-6.

Ensuite, par interprétation visuelle, on trace la droite qui passe le plus près de tous les points. Cette méthode a l'avantage d'être rapide mais malheureusement a l'inconvénient d'être peu précise. Toutefois, dans certains cas, ce degré de précision est largement suffisant compte tenu de la fiabilité des données analysées.

Droite des moindres carrés (droite de régression)

Cette technique permet de déterminer le coefficient directeur de la droite de manière plus précise. À partir du graphe des consommations cumulées, on détermine la droite d'équation :

$$y = a\,x + b \quad \text{avec } a = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \text{ et } b = \frac{\sum y - a\sum x}{n}$$

Si la droite qui passe par l'origine, l'équation est de type : $y = a\,x$ avec $a = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$.

Ce qui nous donne pour notre exemple une droite d'équation : $y = 610{,}8\,x - 259{,}5$

x		y	x^2	xy
1	450	450	1	450
2	550	1 000	4	2 000
3	650	1 650	9	4 950
4	525	2 175	16	8 700
5	475	2 650	25	13 250
6	625	3 275	36	19 650
7	750	4 025	49	28 175
8	600	4 625	64	37 000
9	500	5 125	81	46 125
10	675	5 800	100	58 000
11	750	6 550	121	72 050
12	650	7 200	144	86 400
78	7 200	44 525	650	376 750

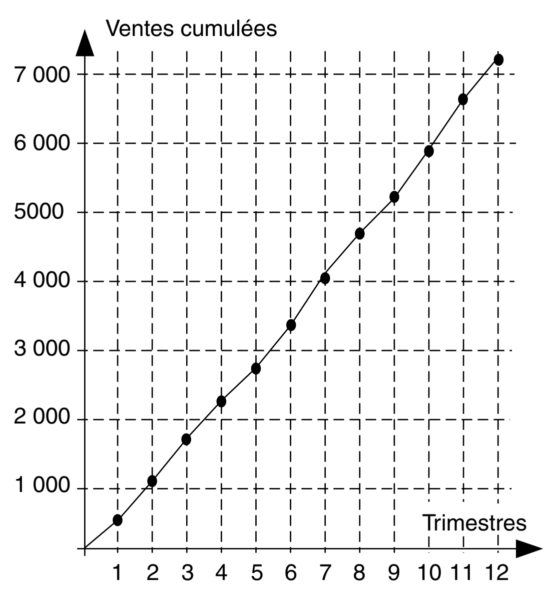


Figure 3.7 Graphe des ventes cumulées.

Une première analyse simple, nous montre que la pente de cette droite est supérieure à la moyenne arithmétique. Si nous nous étions basés sur cette moyenne pour faire nos prévisions, nous aurions eu des valeurs sous-dimensionnées. D'autre part, le fait que b soit négatif montre une tendance croissante de nos valeurs.

Méthode des points extrêmes

Comme son nom l'indique, c'est la droite qui passe par les deux point extrêmes de la série de valeurs.

Dans notre cas, la droite passe par les deux points : P1 = (1 ; 500) et P2 = (12 ; 7200). Ces deux points vérifient l'équation de la droite, donc :

$$7\,200 = 12\,a + b \qquad (1)$$

$$450 = 1\,a + b \qquad (2)$$

En faisant (1) – (2) nous pouvons en déduire $a = \frac{6\,750}{11} = 613{,}64$

$b = 450 - 613{,}64 = -\,163{,}64$

Nous en déduisons l'équation de tendance $y = 613{,}64\,x - 163{,}64$

➤ *Analyse de la saisonnalité*

En fait, si on analyse de manière plus fine notre historique, on s'aperçoit que nous avons des ventes saisonnalisées.

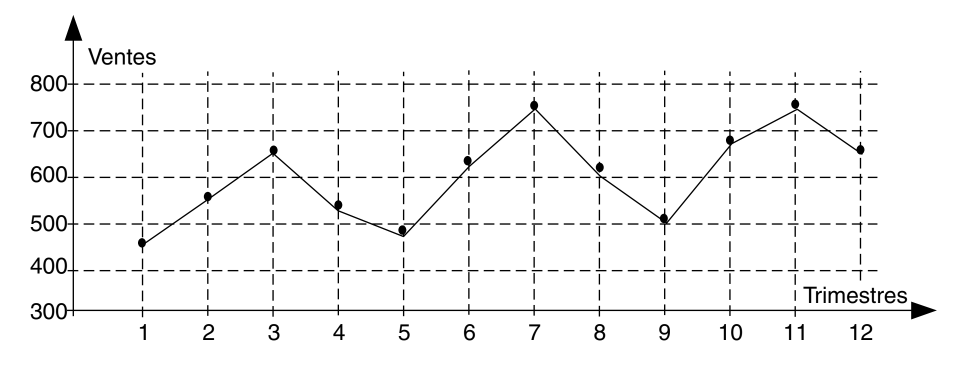


Figure 3.8 Graphe des ventes trimestrielles.

Comme nous l'avons vu précédemment, le cycle saisonnier de ces ventes est de 4. À chaque variation saisonnière d'une période est associé un **coefficient de saisonnalité** qui caractérise chaque valeur par rapport à la moyenne. Ce coefficient peut-être additif ou multiplicatif, comme nous le verrons ci-après.

La méthode consiste à désaisonnaliser les valeurs de l'historique (moyennes mobiles, coefficients saisonniers additifs ou multiplicatifs) et à appliquer ensuite les méthodes aux données corrigées des variations saisonnières pour ensuite réappliquer les coefficients de saisonnalité à chaque valeur trouvée.

Les paragraphes qui suivent montrent plusieurs méthodes de désaisonnalisation.

Les moyennes mobiles

Cette méthode consiste à faire la moyenne arithmétique de n données consécutives. À chaque

nouvelle période, la donnée la plus ancienne sera remplacée par celle de la plus récente période traitée. Chaque moyenne est affectée à la période moyenne (il est donc préférable de choisir un nombre impair de données consécutives) ou à une période de référence.

Intuitivement, plus ce nombre est élevé, et plus les moyennes élimineront les fluctuations présentes dans l'historique. Toute la question est alors de savoir si ces fluctuations sont de nature aléatoire (et doivent être éliminées) ou au contraire de nature déterministe (et doivent être conservées).

Dans le cas d'un phénomène saisonnalisé, la moyenne est effectuée sur un nombre de valeurs égal au cycle saisonnier (dans notre exemple, il est de 4). Ce qui nous donne les moyennes suivantes :

Année	***N*–2**				***N*–1**				***N***			
Trimestre	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Ventes	450	550	650	525	475	625	750	600	500	675	750	650
			543,75	550	568,75	593,75	612,50	618,75	631,25	631,25	643,75	

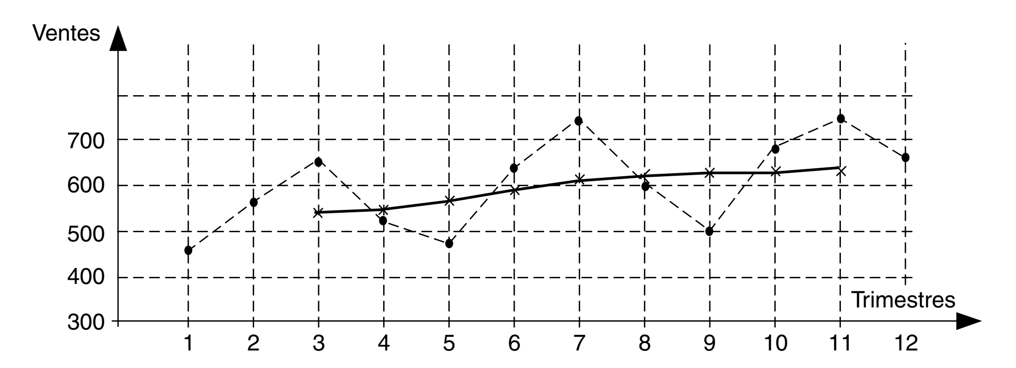


Figure 3.9 Moyennes mobiles – Graphe des ventes trimestrielles désaisonnalisées.

Dans notre exemple, nous constatons effectivement une tendance croissante. La pente de la droite de tendance sera alors calculée suivant une des méthodes vues précédemment.

Les coefficients saisonniers

Nous avons vu que nous caractérisons déjà une saisonnalité par son cycle de saisonnalité. On caractérise également une saisonnalité par ses coefficients (ou indices) saisonniers qui représentent, pour chaque période élémentaire, le rapport entre chaque valeur de l'étude et une moyenne sur le cycle de référence.

Pour le calcul de variation saisonnière d'une prévision trimestrielle sur un horizon d'un an, cette procédure revient à évaluer la demande trimestrielle (moyenne sur l'année) et à en faire le rapport avec chacune des demandes de chaque trimestre.

	Année *N*-2	Année *N*-1	Année *N*	Moyenne	Coefficient
1er trimestre	450	475	500	475	0,7917
2e trimestre	550	625	675	617	1,0278
3e trimestre	650	750	750	717	1,1944
4e trimestre	525	600	650	592	0,9861
				600	*4*

Afin d'être plus précis, nous avons calculé les valeurs d'une année « moyenne » après s'être assuré qu'il n'y avait pas de points aberrants. Ensuite, nous avons calculé chaque coefficient comme étant le rapport :

$$\frac{\text{Moyenne du trimestre}}{\text{Moyenne d'un trimestre moyen de l'année}}$$

Remarque : Comme nous analysons la saisonnalité sur 4 valeurs, il est nécessaire que la somme des coefficients soit égale à 4 (suivant la précision recherchée, il est quelquefois nécessaire d'effectuer les arrondis en conséquence).

Les écarts saisonniers

La démarche est similaire à la méthode des coefficients saisonniers sauf qu'ici la correction est additive et non multiplicative.

	Année *N*-2	Année *N*-1	Année *N*	Moyenne	Écart
1er trimestre	450	475	500	475,00	– 125,00
2e trimestre	550	625	675	616,67	16,67
3e trimestre	650	750	750	716,67	116,67
4e trimestre	525	600	650	591,67	– 8,34
				600,00	*0*

Les écarts ont été calculés pour chaque trimestre comme étant la différence entre la valeur moyenne du trimestre et la moyenne d'un trimestre moyen de l'année.

Remarque : Comme nous analysons la saisonnalité sur quatre valeurs, il est nécessaire que la somme des écarts soit égale à 0 (suivant la précision recherchée, il est quelquefois nécessaire d'effectuer les arrondis en conséquence).

3.2 Administration des ventes

3.2.1 Mission

L'administration des ventes prend en charge, dans le respect des conditions de vente, toutes les opérations de gestion des contrats de vente, depuis l'enregistrement des commandes apportées par les commerciaux jusqu'à la livraison des clients. Elle joue un rôle de coordination entre les clients, les commerciaux et les différents services de l'entreprise, dont les intérêts peuvent être divergents, notamment sur les délais.

Le système d'administration des ventes est l'un des instruments essentiels de la stratégie des entreprises qui mettent le client au centre de leurs préoccupations. En permettant de codifier

toutes les données nécessaires pour appliquer les conditions commerciales et en modélisant les processus de traitement de la commande, il doit non seulement répondre aux contraintes législatives, mais aussi appliquer en temps réel la politique commerciale décidée par l'entreprise, dans un environnement en constante évolution.

La gestion des contrats de vente est d'autant plus sophistiquée que la concurrence sur les marchés est forte. L'informatique a permis de moderniser l'administration commerciale, notamment par l'élaboration d'outils d'analyse et de gestion prévisionnelle des ventes. La mesure d'indicateurs clés (rentabilité client, taux de service, marge nette…) permet de juger du succès des politiques commerciales mises en œuvre. Il s'agit ici de gérer :

- les données relatives aux articles : codification, unité de mesure, produit complexe, substitution…
- les données relatives aux clients : règle logistique spécifique, regroupement…
- les tarifs et conditions commerciales : remise, ristourne, promotion…
- la prise de commande ;
- la livraison ;
- la facturation : gestion des comptes, risque client, recouvrements…
- l'analyse des ventes et la mesure de la performance commerciale.

3.2.2 Responsable de l'administration des ventes

Généralement rattaché à la direction commerciale, parfois au directeur de production, le responsable de l'administration des ventes anime une équipe d'assistants commerciaux ou de gestionnaires de clients. Sa principale mission est de garantir la satisfaction du client en s'assurant du bon déroulement des contrats de vente. Il intervient à différentes étapes : traitement des commandes, suivi de la clientèle et gestion commerciale. Il est garant de l'image de l'entreprise auprès de la clientèle et doit assurer, afin de satisfaire au mieux cette dernière, la coordination entre l'activité de la force de vente et celle des différents services techniques.

3.2.3 Le responsable d'affaire ou responsable produit

Dans les entreprises proposant des biens ou des services très spécifiques aux clients, il existe souvent, un maître d'œuvre d'une affaire ou d'un projet. Celui-ci est dénommé « responsable d'affaire » ou « chef de projet ». Il est quelquefois appelé « responsable produit » lorsque la finalité du travail est un produit pour l'entreprise. Si dans les termes, ce maître d'œuvre a des appellations différentes, dans les faits, elles désignent le même type de fonction. Par la suite nous n'emploierons que le terme « responsable d'affaire ».

Définition

Le terme « Affaire » désigne l'ensemble des opérations de détection des besoins, de négociation des contrats, de conduite d'un projet, de mise en service et de suivi d'une prestation pour un client, qu'elle soit finalisée ou non par un produit. Le terme « Projet » désigne l'ensemble des opérations d'études, de réalisation et de mise en service d'une prestation. Généralement, le terme de projet est utilisé lorsque le demandeur et le fournisseur font partie du même organisme.

Une affaire se compose, en fait, de cinq étapes qui s'enchaînent naturellement et qui sont :

- la prospection qui consiste à détecter l'opportunité d'un besoin ;
- la pré-étude de la prestation qui consiste à préparer une offre répondant au besoin et qui aide à mieux comprendre la prestation ;
- la négociation du contrat qui consiste à ajuster la prestation avec le besoin réel afin d'aboutir à une décision de réalisation ;
- la réalisation de la prestation qui consiste à engager les moyens de recherche, développement et de réalisation permettant d'obtenir les résultats promis dans les conditions négociées ;
- le suivi de la prestation qui consiste à terminer l'affaire et à engager la procédure d'après-vente.

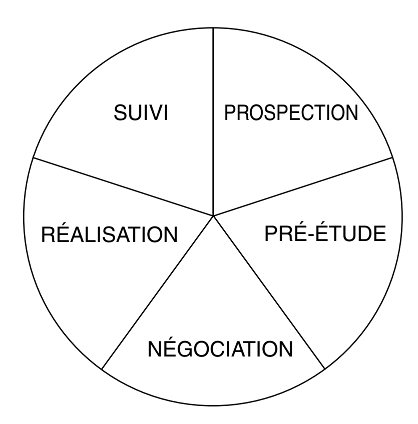


Figure 3.10 Étapes d'une affaire.

Le responsable d'affaire étant le maître d'œuvre d'une prestation au sein de l'entreprise, il a, de ce fait, la responsabilité, au regard de sa direction, de la bonne exécution du contrat passé avec le client. Pour cela, il doit s'assurer de la cohérence de la réalisation de la prestation avec les engagements pris. Pour cela, il doit effectuer :

- une **gestion commerciale** : le responsable d'affaire est quelquefois amené à participer à la détection du besoin, bien que celle-ci relève le plus souvent de la responsabilité de la Direction Commerciale. À ce titre, il participe aux négociations de contrat avec le client pour être, en final, son correspondant privilégié dans l'entreprise ;
- une **gestion technique** : le responsable d'affaire doit s'assurer de la cohérence de la réalisation avec les spécifications de la prestation et avec les délais sur lesquels l'entreprise s'est engagée ;
- une **gestion économique** : le responsable d'affaire doit s'assurer que les coûts de revient restent dans les limites fixées lors du contrat.

Compte tenu de l'importance de son rôle, il devra donc avoir une vue globale des affaires dont il est chargé, et, pour cela, il lui faudra utiliser une panoplie d'outils d'aide à la gestion d'affaire.

3.2.4 Documents contractuels avec les clients

a) Cahier des charges fonctionnel

Ce document est émis par :

- un client extérieur à l'entreprise dans le cas d'une fabrication à la commande ;
- l'entreprise elle-même dans le cas d'une fabrication sur stock pour une étude de faisabilité et de rentabilité.

La définition d'une affaire se fait en termes :

- **qualitatif** sous forme de spécifications techniques qui seront reprises par la fonction « Études » ;

- **quantitatif** en précisant le volume du marché, l'échéancier de production et de mise en service.

b) Devis

C'est une proposition de prix et de délai de réalisation, dans une quantité définie, que transmet le consulté au consultant concernant l'éventuelle réalisation d'un produit non encore élaboré mais défini par un cahier des charges ou une spécification de fournitures.

Un devis doit donner une estimation relativement précise de la prestation dans un minimum de temps. Le devis doit indiquer une description non ambiguë de la prestation en faisant ressortir, outre le prix, les conditions de livraison et de paiement.

Les prix peuvent être calculés (approche *bottom-up*) ou dépendre du prix du marché (*top-down*) à partir d'une étude détaillée qui n'a pas encore été effectuée.

Il est nécessaire d'apporter un soin tout particulier à l'établissement du devis car il peut être source de refus de contrat ou de difficultés de réalisation du contrat dans les termes proposés.

Le devis peut, quelquefois, être accompagné d'un planning de fabrication qui permet de représenter l'enchaînement des opérations ou des tâches qui concourent à la réalisation d'une affaire. Celui-ci est très souvent représenté par un graphe PERT.

c) Commande (ou Contrat)

C'est un document de droit qui engage les signataires dans la réalisation et l'acceptation d'une prestation établie en commun accord entre les deux parties.

Une commande prend plusieurs états suivant l'avancement des relations avec le client :

- **Commande possible** : le client, lors d'une demande de devis émet une intention de commande; celle-ci ne sera effective qu'après une confirmation de la part du client.
- **Commande ferme** : le client a confirmé son intention de commande et sa demande fait maintenant réellement partie du portefeuille de l'entreprise.
- **Commande planifiée** : la prestation fait l'objet d'une prise en compte dans le planning de charge de l'entreprise mais la réalisation n'est pas encore commencée.
- **Commande lancée** : cette commande fait l'objet d'un début de réalisation.
- **Commande terminée** : la prestation est terminée et est en cours de livraison au client.
- **Commande soldée** : le client a réglé le montant correspondant à la prestation et l'argent est effectivement dans les caisses du prestataire.

3.3 L'activité de l'entrepôt

Le magasin, le dépôt ou la plate-forme est le point de départ des tournées de livraison. La fonction stockage est la fonction principale d'un entrepôt. Elle présente de nombreux avantages :

- Besoin de se protéger contre des aléas techniques ou commerciaux.
- Massification de flux c'est-à-dire regroupement de produits en provenance de plusieurs fournisseurs.
- Réduction des délais de livraison.
- Maîtrise des flux de produits.

L'entrepôt en tant qu'infrastructure permet de valoriser cette étape de stockage en y assimilant différentes opérations logistiques du type préparation de commandes, reconditionnement ou étiquetage.

3.3.1 Différents systèmes de stockage

a) Définition

Ensemble des moyens permettant le magasinage temporaire des matières, des composants, des produits finis ou semi-finis dans l'usine au cours de la réalisation ou de la distribution des produits.

Exemple : Rayonnages, magasin automatique…

b) Type de magasinage

Dans ce paragraphe, nous n'étudierons pas le magasinage en fonction de la nature des produits stockés (voir le chapitre sur la fonction stock) mais nous le ferons en fonction des moyens. Un magasinage peut se faire principalement :

- Sur **aire de magasinage** : ce sont des zones de l'atelier qui permettent le stockage des pièces proche de leur lieu d'utilisation. Les produits sont disposés dans des bacs de pièces gérées en stock soit sur des zones destinées à cet effet ou directement en bordure de la ligne de production.
- Sur aire **d'en-cours** : ce sont des zones de l'atelier qui permettent le stockage temporaire de pièces lourdes. Les produits sont disposés à même le sol et les moyens de manutention correspondants sont de type palan ou pont roulant.

Attention : Ne pas confondre « aire de magasinage » et « aire d'en-cours ». En effet, tout article mis en zone de magasinage fait l'objet de procédures d'entrée est de sortie de stock alors que ce n'est pas le cas pour les produits en zone d'en-cours.

- Par **casier** : c'est le système le plus classique et le meilleur marché. Le magasin est constitué d'étagères de rangement sur lequel on vient ranger des casiers contenant les produits. La manutention peut être manuelle ou être assurée par des chariots élévateurs.
- Par **magasin mobile** : c'est un système qui permet le défilement des stocks devant un poste de chargement/déchargement. Le stock est rangé dans un ensemble de casiers mobiles montés sur un carrousel. On peut considérer ce type de magasinage comme un système semi-automatique car les opérations d'entrées/sorties restent manuelles.

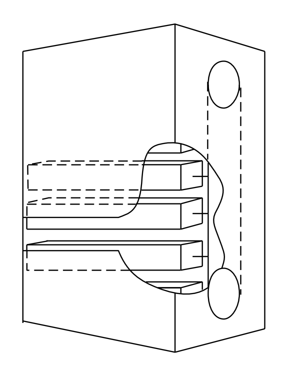


Figure 3.11 Magasin mobile.

- Par **magasin dynamique** : c'est un système de stockage automatisé de palettes ou de containers. Le dispositif est composé d'un ensemble de casiers fixes desservis par un dispositif assurant le stockage et le déstockage (1 casier en profondeur) ou par un stockeur et un déstockeur séparés (*n* casiers en profondeur). Cette technique permet de mettre en œuvre facilement la méthode FIFO (*First in-First out*, soit Premier Entré – Premier Sorti) en gestion physique des stocks.

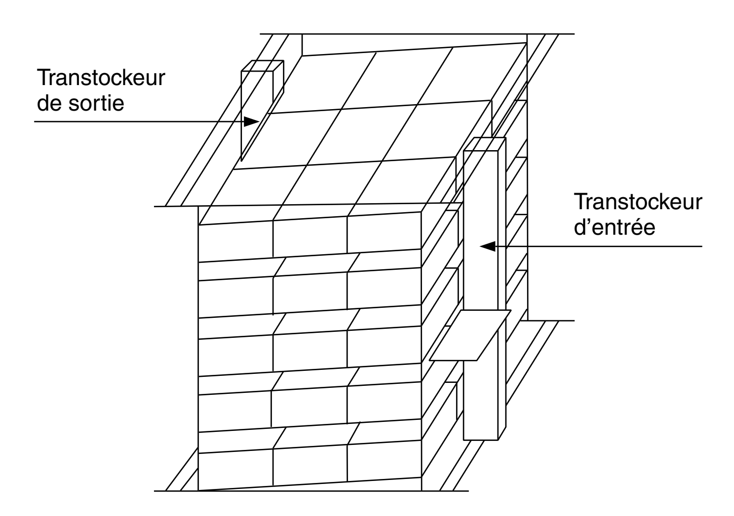


Figure 3.12 Magasin dynamique.

- Sur **aire de picking** : c'est un emplacement primordial du magasin ou de l'entrepôt qui permet le passage du monde de l'approvisionnement (du fournisseur ou de la production) au monde de la consommation (de la production ou du client). C'est dans cette zone que le produit change d'unité de gestion et de repères ; d'un état matière, géré généralement par unité d'achat, il passe à un conditionnement prêt à la livraison (généralement unitaire). Le picking est l'emplacement où l'on prépare les commandes clients en fonction des bons de commande, c'est le premier pas vers le service client.

c) Localisation géographique

➤ *Localisation du magasinage*

Il faut s'efforcer de considérer les moyens de stockage comme des postes de travail à part entière et ne pas hésiter à avoir plusieurs lieux de magasinage. Le meilleur emplacement d'un magasinage est celui proche du lieu d'utilisation des pièces. Cela évite des manutentions inutiles diminuant ainsi les risques de détérioration et généralement conduit à une diminution du niveau des stocks. Cela va, maintenant, jusqu'à avoir des magasins « bord de ligne ».

Il faut éviter le réflexe trop souvent répandu de récupérer toute zone inutilisée dans l'usine pour en faire une zone de magasinage. Une réflexion sur le nombre de points de stockage et sur leur localisation est aussi importante qu'une réflexion sur l'organisation des ateliers (il faut admettre que cette démarche tend, heureusement, à se développer).

➤ *Localisation des produits*

Dans un souci de traçabilité ou d'accès rapide, tout produit, dans un magasin ou entrepôt, doit être repérable grâce à une « adresse » de magasinage, quelquefois appelée « gisement magasin ». Cette adresse est composée des coordonnées W, X, Y, Z de magasinage du produit où :

- W représente le numéro de l'entrepôt ou du magasin ;
- X représente le numéro de la travée ou l'allée ;
- Y représente le numéro de la colonne ;
- Z représente le niveau.

Figure 3.13 Système d'axes d'identification du gisement magasin pour l'entrepôt W.

d) Type de stockage

Parallèlement aux différents types de magasinage existants, les systèmes de stockage peuvent se classer suivant deux principes :

- le stockage affecté ;
- le stockage banalisé.

➤ *Stockage affecté*

Le stockage affecté consiste à donner à une même référence toujours le même emplacement dans la zone de stockage.

L'avantage est que la gestion des stocks se fait par automatisme : le personnel de manutention sait toujours l'emplacement des références à trouver.

L'inconvénient est le mauvais (en tout cas non optimisé) coefficient de remplissage de la zone de stockage. Il faut toujours que l'emplacement réservé corresponde au maximum de références à stocker. Il est clair que par cette méthode de nombreuses zones de stockage restent vides.

➤ *Stockage banalisé*

On appelle stockage banalisé ou aléatoire, l'affectation d'un produit à un emplacement disponible quel qu'il soit. À chaque fois qu'un produit entre en dépôt, on lui affecte un emplacement que l'on répertorie immédiatement dans le système du plan de l'entrepôt.

Ce type de stockage impose un système informatique ce qui permet de connaître en permanence la situation de tous les produits et permet d'optimiser les emplacements.

➤ *Stockage mixte*

Le stockage mixte est le type de stockage le plus utilisé. Il consiste à utiliser les deux systèmes suivant la nature et la rotation des produits : on utilisera de préférence le stockage affecté, par exemple, pour des articles ou matières dont le prélèvement est manuel et le stockage banalisé pour des produits dont le taux de rotation est important.

Ce qui semble important, c'est que chaque entrepôt doit s'astreindre à gérer de manière la plus rigoureuse sa gestion de stock qui sera bien définie au départ.

3.3.2 La circulation des produits dans l'entrepôt

Dans tout entrepôt, il existe un processus de base concernant la circulation de la marchandise :

- déchargement du wagon ou du véhicule ;

- contrôle de conformité quantitative et qualitative avec émissions éventuelles de bons de réserve;
- recherche de l'emplacement de stockage et transfert vers cet emplacement;
- déclaration de l'entrée en stock dans le système informatique;

  Parallèlement, la sortie des produits va s'effectuer de la manière suivante :
- préparation des commandes suivant la demande des clients dans la zone de picking;
- contrôle quantitatif et qualitatif;
- emballage;
- transfert jusqu'au quai de chargement.

Le personnel d'un entrepôt est constitué de manutentionnaires, caristes et responsables entrepôt. Ces opérations sont extrêmement importantes et, dans certains secteurs industriels, on peut voir une qualification et un nombre plus important que le personnel de production.

3.3.3 Différents moyens de manutention

a) Définition

Ensemble des moyens permettant le transport des matières, des composants, des produits finis ou semi-finis dans l'usine au cours de la réalisation ou de la distribution des produits. Les manutentions correspondent à des déplacements entre les postes de travail et les zones de magasinage. Les déplacements à l'intérieur d'un poste de travail sont généralement appelés manipulations et demandent rarement des moyens spécifiques.

Exemple : Tapis roulants, chariots automoteurs, robots, palans…

b) Types de moyens de manutention

Depuis quelques années, les industriels ont pris conscience de l'importance de la fonction manutention dans le cycle de fabrication d'un produit. Il s'en est suivi un fort développement de ces moyens, tant du point de vue de leur diversité que du point de vue de leurs performances.

Suivant les caractéristiques du produit (nature, forme, poids, fragilité…), les cadences et les distances de transport, les moyens de manutention peuvent être :

- **Manuels :** lorsque le poids des produits et les distances de manutention le permettent, les manutentions sont effectuées par les opérateurs eux-mêmes ou par les employés d'un service spécialisé. Dans le cas contraire, nous avons recours à des moyens de manutention discontinus.
- **Continus :** ce sont des dispositifs qui permettent le déplacement d'objets toujours dans le même sens et suivant un circuit pré-défini. Dans cette catégorie, nous trouvons des transporteurs à bande en caoutchouc, à rouleaux, aériens… Ce type de moyen, dérivé des moyens employés dans les lignes transfert, impose une certaine rigidité qui en limite l'utilisation à la fabrication de produits relativement stables.
- **Discontinus :** ce sont des dispositifs qui permettent le déplacement d'objets à la demande entre différents points de l'atelier. Dans cette catégorie, nous trouvons des palans, des ponts roulants, des chariots automoteurs (filoguidés, optoguidés, odométriques…). Ce type de moyens a l'avantage de permettre une meilleure flexibilité dans les manutentions.

3.4 L'EXPÉDITION – LA GESTION DES TRANSPORTS

3.4.1 Introduction

Que le transport soit organisé par l'industriel, le fournisseur ou le prestataire, se pose toujours le problème de l'optimisation de son coût et du service qui est offert.

Le coût du transport est d'autant plus faible que les volumes transportés sont importants pour un trajet donné et que les liaisons sont régulières à jour et heure fixes. Il est important de viser au maximum des expéditions par camions complets en essayant, par exemple, d'anticiper les livraisons futures.

De même, le service est d'autant meilleur que l'on raisonne sur les mêmes natures de produit et sur des liaisons de fréquence importante.

Dans tous les cas, il revient à l'industriel ou au transporteur d'analyser dans le détail toutes les livraisons auxquelles il doit faire face en examinant :

- la localisation du client final;
- la localisation du lieu de départ des livraisons (usine, entrepôt, plate-forme);
- la nature et la charge de la livraison;
- le parc de véhicules et le nombre de chauffeurs dont il dispose.

Il s'agit alors d'effectuer l'organisation des tournées de livraison afin de livrer au client la marchandise dans de bonnes conditions de qualité et de sécurité, au moindre coût et dans les meilleurs délais.

3.4.2 Les différents réseaux de distribution

L'expédition des marchandises depuis les unités de production jusqu'au client final peut se faire suivant plusieurs circuits. Ceux-ci sont matérialisés par des infrastructures composées d'entités physiques de taille et de conception très variables : dépôt, entrepôt, plate-forme.

Rappel : la plate-forme sert à regrouper des marchandises en provenance de différentes usines ou différents entrepôts. On parle de plate-forme d'éclatement. La distribution se fait alors sur un rayon de 120 à 150 km.

À la différence des plates-formes, l'entrepôt stocke les produits pendant une durée plus ou moins longue :

- soit pour réaliser une première approche logistique (apport d'une valeur ajoutée au stockage);
- soit pour des motifs d'opportunité promotionnelle, de spéculations ou d'avantages tarifaires. L'entrepôt peut couvrir jusqu'à la moitié de l'hexagone.

D'un point de vue logistique, la constitution d'un réseau de distribution dépend de nombreux critères :

- la nature des produits;
- la taille moyenne de chacune des commandes;
- le type de clients approvisionnés (commerce de détail, super, hyper…).

Ces critères étant posés, il s'agit de déterminer la structure du réseau c'est-à-dire le nombre de niveaux d'infrastructures et le type de ceux-ci.

Plusieurs solutions s'offrent à l'entreprise :

- soit une livraison directe des usines jusqu'aux clients sans rupture de charge;

- soit le parcours constitue une étape intermédiaire matérialisée par :
  – un entrepôt central qui reçoit et stocke les productions des usines, prépare les commandes et réalise les transports terminaux (à l'entrepôt de voir si ces étapes sont sous sa responsabilité ou si elles sont confiées à des prestataires);
  – des dépôts locaux qui jouent les mêmes rôles que les entrepôts centraux mais pour une région déterminée;
- soit une livraison qui transite par un dépôt central et des dépôts régionaux. Notons que ce type de circuits à « deux étages » est de plus en plus mis à l'écart par les entreprises du fait de sa lourdeur de gestion et de la multiplicité des ruptures de charge.

En effet, la volonté de répondre de mieux en mieux à la demande du client en termes de délai, de qualité de service et de coûts amène de plus en plus les industriels à simplifier au maximum la structure de leurs réseaux de distribution.

3.4.3 Organisation des tournées

La planification des tournées de livraison peut s'effectuer suivant deux techniques :

- la tournée fixe;
- la tournée variable.

La tournée fixe comme son nom l'indique consiste à fixer des tournées, à partir de données établies au préalable, et pour une période donnée (semaine, mois…). Ce principe est simple mais présente plusieurs inconvénients notamment :

- il ne garantit pas le remplissage optimal des véhicules;
- il fige le planning de tournées de livraison donc n'optimise pas l'organisation en termes de client à livrer et de distance minimum à parcourir.

Le principe de la tournée variable consiste à fixer chaque jour les tournées en fonction de la demande (quantité à livrer, localisation des clients) et des véhicules disponibles. On engage ainsi un nombre variable de véhicules lesquels parcourent un circuit variable, en fonction du tonnage à distribuer et de la localisation des clients à livrer.

➤ *La recherche d'une solution optimale*

La résolution d'un tel problème ne peut se faire manuellement compte tenu du nombre de possibilités de solutions qui existent. De nombreux progiciels d'optimisation permettent de traiter ce type de problème. Ils utilisent le plus souvent l'algorithme des écartements conçu par Kruskal.

Cette méthode fournit une approche d'une solution mais pas nécessairement la meilleure. Son objectif vise à minimiser la distance à parcourir ou la durée de chaque tournée. Elle repose sur la notion simple de gain ou d'écartement défini comme suit :

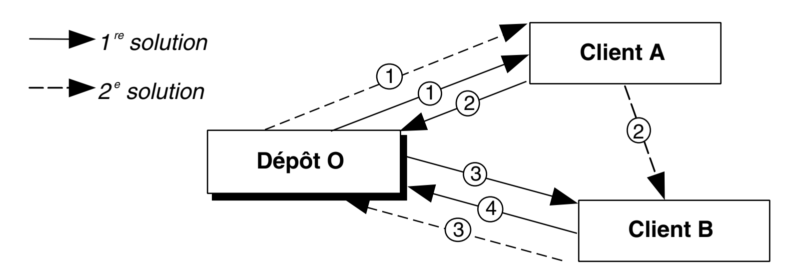


Figure 3.14 Disposition des clients.

Soit un dépôt O et deux clients A et B. On veut trouver le plus court chemin permettant de livrer A et B à partir de O.

Deux solutions s'offrent à nous :

- Approvisionner A, retourner au dépôt, puis livrer B et revenir en O.
- Approvisionner A puis B au cours de la même tournée.

Les distances parcourues s'écrivent alors :

- D1 = 2 d(O,A) + 2 d(O,B)
- D2 = d(O,A) + d(A,B) + d(O,B)

On appelle gain ou écartement du couple de points A,B par rapport au centre O, la différence entre ces deux solutions c'est-à-dire en termes de quantités :

$$G(A,B) = D1 - D2 = d(O,A) + d(O,B) - d(A,B)$$

G(A,B) représente donc le gain obtenu en intégrant ces deux points dans une même tournée. La détermination des tournées va débuter en considérant, en premier lieu, les couples de points présentant l'écartement le plus élevé possible.

On démontre que, pour une localisation donnée du dépôt, minimiser la longueur de la tournée revient à maximiser la somme des écartements. La procédure d'application de la méthode se définit comme suit :

- calculer les écartements de tous les couples de points par rapport au centre ;
- les classer par importance décroissante ;
- sélectionner chaque couple de la liste ; abandonner ceux formant une boucle ou une fourche avec ceux précédemment sélectionner (on s'interdit de passer plusieurs fois en chaque point) ;
- arrêter la procédure en fonction des contraintes de tonnage, de temps…
- joindre le centre à ces deux extrémités.

L'exemple qui suit illustre cette méthode.

Une entreprise P doit livrer cinq clients A, B, C, D, E à partir de son dépôt O avec un véhicule de 10 tonnes. L'objectif est de composer une tournée de livraison dans le but de parcourir la plus petite distance.

	Tonnage à livrer	Dépôt O	D	A	B	C	E
A	2,0	23	15	–	32	38	17
B	0,8	15	19		–	28	25
C	0,2	18	35			–	38
D	1,3	24	–				20
E	1,0	33					–

Sont indiqués dans le tableau suivant :

– les distances entre chaque client (en km) ;
– les distances entre l'entreprise et chaque client (en km) ;
– les tonnages à livrer par jour et par client.

Les clients sont répartis géographiquement comme la solution (figure 3.9) :

Application de la méthode

On calcule le gain pour chaque couple de points par rapport à l'entreprise P, comme suit :

G(A,B) = d(O,A) + d(O,B) – d(A,B)	= 23 + 15 – 32	= 5
G(A,C) = 3	G(B,C) = 5	G(C,D)= 7
G(A,D) = 32	G(B,D) = 20	G(C,E)= 13
G(A,E) = 39	G(B,E) = 23	G(D,E)= 37

Ensuite, on classe les gains des couples par ordre décroissant :

G(A,E); (D,E); (A,D); (B,E); (B,D); (C,E); (C,D); (B,C); (A,C)

On trace alors la tournée en sélectionnant chaque couple les uns après les autres sans considérer les clients déjà intégrés et en évitant de former des boucles dans la tournée ce qui donne :

[A,E]; [D,E]; pas [A,D] (car cela formerait une boucle); pas [B,E]; [B,D]; pas [C,E]; pas [C,D]; [B,C] puis on joint le dépôt O.

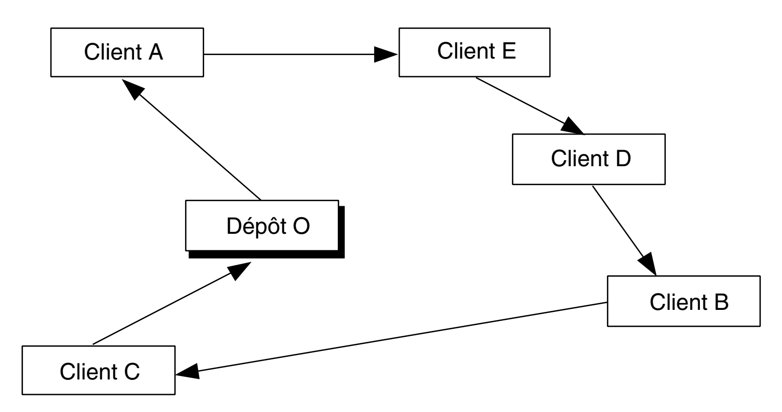


Figure 3.15 Tournée de livraison de l'exemple.

On vérifie que la somme des tonnages livrés ne dépasse pas la charge utile du véhicule (9,3 tonnes) et l'on calcule la longueur de la tournée (125 km).

Cette méthode est utilisée par de nombreux gestionnaires de transport, consciemment ou non, mais toujours à l'aide de logiciels au vue du nombre de données à traiter. Cependant, comme toujours cette méthode a des limites et les résultats peuvent être variables suivant les contraintes à considérer :

- les distances et les tonnages doivent être fiables;
- la contrainte horaire (que ce soit celle du chauffeur ou celle des clients à livrer) peut être déterminante;
- enfin, le relief du parcours est une donnée totalement absente de la procédure.

Il semble donc indispensable de bien poser les données au départ, c'est alors une méthode incontournable par sa fiabilité.

Cette procédure d'organisation de tournées peut constituer la base de plusieurs types de résolution de problème de tournées :

- tournées au niveau de la phase terminale de l'approvisionnement, c'est le cas de tous les commerces;

- tournées en livraison directe au client ;
- mais aussi opérations de ramassage du type ramassage de lait ou ordures ménagères.

Cette méthode devient inutilisable sans moyen informatique lorsque les clients sont nombreux.

Effectivement, de nombreux logiciels existent sur ce sujet, notamment une filiale de Michelin conçoit, développe et commercialise des produits d'aide à la mobilité destinés aux transporteurs routiers. Un service créé dernièrement et disponible sur Internet, propose des calculs d'itinéraires spéciaux pour les poids lourds dans toute l'Europe en prenant en compte un maximum de paramètres tels que les caractéristiques du véhicule (poids, hauteur, largeur, type de marchandises transportées) et certaines contraintes comme les fermetures programmées des cols ou les travaux en cours.

Cela représente une véritable aide à la décision concernant toutes les préparations d'itinéraires de tournées de livraison.

3.4.4 Les formalités administratives

Parallèlement à cette organisation du transport se greffent un certain nombre de procédures administratives.

Concernant le transport national, c'est la lettre de voiture qui est le document officiel de tout transport par camion. Cela devient beaucoup plus complexe dans le cas d'un transport international. En effet, le nombre des acteurs de la chaîne logistique ainsi que la multiplicité des pays traversés, oblige tous ces intervenants à préciser les termes de leurs contrats et à établir des formalités douanières.

Les contrats internationaux sont établis notamment pour minimiser les litiges éventuels. Ce sont les Incoterms (International Commercial Terms) qui répondent en partie à cet objectif. Ils ont été définis par la chambre de commerce international depuis 1936 et ont subi plusieurs modifications pour suivre l'évolution du commerce international. Ils complètent les termes de la lettre de voiture qui constitue le document officiel du transport.

Notons que, de plus en plus, ces documents de transport sont simplifiés, d'une part dans la rédaction mais aussi dans la matérialisation.

Une jeune société irlandaise s'est lancée sur le marché en commercialisant un logiciel de gestion en ligne de documents de transport routier de marchandises. Concrètement, l'outil dématérialise la lettre de voiture, plus connue à l'international sous le nom de CMR. Ce document créé de façon électronique notifie les heures de chargement et déchargement des marchandises, les incidents de transport, les éventuels dommages constatés sur la marchandise et ces informations sont consultables par les chargeurs, les chauffeurs et les clients à chaque étape du transport.

Les avantages sont multiples pour tous ces intervenants :

- éviter d'attendre le retour des lettres de voiture manuscrites pour déceler des problèmes sur les expéditions et les livraisons ;
- faciliter la lecture en temps réel des documents de transport.

La deuxième formalité administrative dans le cas d'un transport international est la déclaration en douanes. Le principe est simple mais il y a une multiplicité de possibilités. Mais pour une entreprise donnée, dans la réalité, le nombre de paramètres n'est pas si large.

Pour faire une déclaration d'origine des marchandises, il faut que celui qui importe puisse déterminer correctement l'origine des composants de ce produit fini. En effet, les tarifs douaniers dépendent de cette origine appelée « préférentiel » ou « non préférentiel ». C'est la communauté économique européenne qui a déterminé pour un certain nombre de pays et un certain nombre de produits, la nature de l'origine de ceux-ci dans le but de privilégier des importations en provenance de certains pays. Cela représente des données et des solutions complexes et bon nombre d'entreprises se plaignent de ces procédures compliquées, cependant le service des douanes est parfaitement en mesure de donner toutes les informations nécessaires à toute déclaration en douane.

C'est dans le domaine du textile que l'on peut plus facilement comprendre les enjeux de cette démarche puisque près de 90 % des vêtements français sont importés. Toutefois, c'est un souci qui se retrouve dans tous les secteurs industriels et commerciaux dès lors qu'il y a importation de marchandises.

3.5 La livraison – le transport

Le transport joue un rôle déterminant dans la liaison entre les différents maillons de la chaîne de flux d'un produit (fournisseurs-usines, inter-usines, usines-entrepôts, entrepôts-clients). Il est bien souvent responsable de la qualité de la livraison au client en termes de retards, casses, avaries… de ce fait, le gestionnaire de transport a une part de responsabilité importante dans toute la gestion du service au client.

Après avoir rappelé les différentes caractéristiques du secteur du transport, nous examinerons les différents modes qui s'offrent aux entreprises et nous préciserons ce qui constitue l'administration des transports.

3.5.1 Importance des transports dans la société

a) Un rapide historique

Le transport a toujours accompagné le développement des civilisations. Depuis que l'humanité a inventé le commerce, le transport n'a cessé de croître et de devenir vital dans les échanges commerciaux.

C'est le transport maritime, à l'origine, qui fût considéré comme le moyen le plus efficace en termes de rapidité, sécurité et efficacité. Le véritable essor des transports terrestres aura lieu dans la deuxième partie du XIXe siècle avec l'arrivée du train dont la fiabilité et la rapidité étaient incontestables. Rappelons que le « fer » a été le véritable moteur du développement industriel de cette époque en contribuant à la construction d'un réseau de routes dans le but de relier les gares entre elles : le réseau routier a alors rapidement eu le succès connu.

Le dernier type de transport à être conquis est la voie aérienne dont le développement va différer suivant les pays. C'est par exemple aux États Unis qu'il va remplacer le train pour les trafics intérieurs.

b) Le transport et ses caractéristiques

➤ *C'est une activité classifiée*

Il est usuel de parler des transports en général. Il existe cependant deux types de classification :

- soit en fonction de ce que l'on transporte (marchandises ou voyageurs);

• soit en fonction du moyen utilisé appelé mode de transport (la route, le fer, la mer, le fluvial ou l'air).

Les filières professionnelles ont été rapidement organisées autour de la classification par mode.

➤ *C'est une activité réglementée*

La caractéristique principale du transport est d'utiliser des infrastructures collectives. Les routes, comme l'air ou la mer, appartiennent à tout le monde. Les transporteurs ont donc recours, pour exerce leur activité, au « domaine public ». Les pouvoirs publics ont été amenés par le développement de tous les modes de transport à poser des règlements.

➤ *C'est une activité liée à la conjoncture économique*

Le transport dépend du volume d'échanges commerciaux. De ce fait le transport est une activité en pleine expansion pendant les périodes de bonne santé économique et inversement, on a assisté à la fermeture de nombreuses entreprises de transport à l'époque des graves crises économiques des années 30 ou plus récemment des crises pétrolières des années 90.

➤ *C'est une activité liée aux ressources énergétiques*

Le transport consomme à lui tout seul plus de 20 % de l'énergie produite à travers le monde. Les ressources principales utilisées sont : le pétrole, l'électricité et le gaz.

➤ *C'est une activité polluante*

Consommant de l'énergie, le transport génère de nombreuses pollutions atmosphériques.

3.5.2 Approche modale des transports

En Europe, trois modes de transport prédominent : la route, le fer et le fluvial. En revanche, dans le cadre des échanges internationaux, c'est le maritime et l'air qui sont importants en termes de tonnages transportés et de valeurs transportées.

Il convient d'analyser chaque mode de transport en vue d'aider toute entreprise à faire son choix. La comparaison entre deux modes de transport se fera en évaluant le coût total de « porte à porte » c'est-à-dire du point d'expédition au client destinataire mais aussi en fonction de critères dont l'importance sera évaluée par le gestionnaire de transport : délai, fréquence, fiabilité, risques ainsi que des critères plus spécifiques au produit comme la fragilité, la température, le volume et la nature elle-même du produit.

a) La route

En France, la route est le premier mode de transport, tant en tonnage total transporté qu'en tonnes par kilomètre. Elle représente 89 % des tonnages chargés. La suprématie de la route s'explique principalement par le fait que le transport routier demeure le seul mode permettant de réaliser aisément un véritable porte à porte entre fournisseur et client. Il est important de souligner que l'essentiel (86 %) du tonnage transporté par la route correspond à des distances inférieures à 150 kilomètres.

Relevons quelques caractéristiques du transport routier :

• La principale caractéristique du transport routier est sa forte atomisation. D'après les dernières statistiques du ministère des transports, 76 % des 37 000 entreprises de transport recensées en France ont moins de 5 salariés. Elles sont pour la plupart de caractère familial.

- C'est aussi une activité très éclatée géographiquement. Pour vivre le transporteur doit être à côté de ses clients.
- C'est aussi une profession multiforme : il existe plusieurs catégories d'entreprises de transport qui se distinguent :
- soit par la méthode de travail utilisée (lot complet ou messagerie);
- soit par la nature des marchandises transportées (produits agricoles, chimiques, laitiers, produits lourds ou légers, produits volumineux ou non…).

b) Le fer

Avec moins de 9 % de tonnes transportées, le transport ferroviaire se place ainsi à la deuxième place derrière la route.

Malgré une offre variée dans la taille (train complet ou wagon isolé) et dans la nature (wagon à toit ouvrant, couvert, plat ou à trémie) de ses wagons, le fer a du mal à maîtriser l'image de lenteur qu'elle représente.

L'offre principale du chemin de fer s'adresse à des transports de masse ou de longue distance ce qui ne correspond pas aux politiques de Juste-À-Temps et de stock zéro des entreprises. La rupture de charge qu'entraîne un tel type de transport pose un obstacle considérable aux entreprises. C'est la raison pour laquelle la SNCF essaye de proposer des solutions mieux adaptées au système économique du type :

- des embranchements particuliers jusqu'au quai d'expédition du site industriel;
- des transports spécifiques appelés transports combinés que nous évoquerons par la suite.

c) Le fluvial

Le transport fluvial représente, en France, moins de 4 % de marchandises transportées.

Les caractéristiques principales de ce type de transport sont les suivantes :

- le faible réseau de canaux intérieurs contrairement à l'Allemagne, les Pays-Bas et l'Autriche;
- un état des voies et un matériel très vétustes.

Ce type de transport convient surtout à des marchandises spécifiques comme les produits pétroliers, agricoles, les matériaux de construction et les combustibles et minerais.

Mais ce transport garde cette image de grande lenteur et de mode difficile à mettre en place du fait de la rupture de charge que cela engendre si l'entreprise ne se situe pas près d'un canal ou n'est pas appontée.

En revanche, le fluvial reste moins cher que la route et le fer et pollue moins ce qui constitue les principaux atouts de ces modes de transport.

Précisons, enfin, que Les Voies Navigables de France viennent de présenter un rapport relatif à la stratégie de développement de la voie d'eau et qui précise pour 2002 une hausse du budget concernant le transport fluvial en France. Ceci concerne des opérations de restauration des voies navigables, des opérations d'amélioration du gabarit et des réflexions sur la réorganisation des méthodes d'exploitation pour préparer l'avenir du transport fluvial…

d) Le maritime

Le transport maritime joue un rôle important lors d'échanges internationaux. Malgré la surface maritime de la France, la mer est très peu exploitée pour les trafics intérieurs.

Le transport maritime se subdivise en quatre grandes activités :

- Le transport de voyageurs vers la Corse et la Grande Bretagne (20 % du CA de l'armement français).
- Le trafic de lignes en conteneurs qui concernent principalement les biens de consommation et les produits semi-finis. Cela concerne des trafics réguliers de marchandises planifiés par les armateurs en tant que programme fixe.
- Le trafic de vracs liquide (pétrole brut) ou secs (produits agricoles et minerais). Ce sont des voyages à la demande sous la forme de contrat annuel ou pluriannuel.
- Les activités spécialisés ou exceptionnels qui concernent les transports de colis spécifiques qui répondent à des normes de transport bien précises.

Les ports français ont de plus en plus de mal à supporter la comparaison avec les plates-formes de l'Europe du nord et certains de la Méditerranée. Cependant, ils restent conscients que la concurrence est présente et…

e) L'air

C'est dès 1920 qu'un avion commercial vole entre Paris et Londres avec 11 passagers à bord ! Le transport aérien concerne des transports de produits à caractère très différent mais tous de très forte valeur ajoutée. L'atout essentiel de ce mode de transport est la rapidité, la fiabilité et la sécurité. En revanche, l'inconvénient majeur reste le prix élevé ce qui constitue un véritable obstacle pour toutes les entreprises industrielles.

Le logisticien veillera à choisir au mieux le mode d'acheminement de ses produits en fonction de la nature de ceux-ci, du trajet à parcourir et du type de destinataire.

En termes de mode de cheminement, il peut aussi trouver une solution intermédiaire que l'on appelle transport combiné.

f) Le transport combiné

Le transport combiné consiste à acheminer une marchandise de porte à porte, au moyen d'un contenant appelé « unité de transport intermodal » en utilisant plusieurs modes de transport. Cela convient mieux aux trafics internationaux du fait de la longueur du circuit.

Cette technique de transport met en œuvre des matériels de transport spécialisés et comprend *a fortiori* une rupture modale qu'entraîne l'existence de chantiers spécifiques où sont traitées les manutentions.

Les techniques de transport combiné sont les suivantes :

- Les conteneurs maritimes qui peuvent emprunter deux voire trois modes de transport (mer, fer, route). Cette technique entraîne non seulement des économies de manutention car il n'y a pas de rupture de charge, mais aussi des avantages concernant l'emballage et la sécurité.
- Les transports « RO-RO » (*Roll on/Roll off*) qui permettent de transporter des semi-remorques directement par bateau. Cette technique réduit considérablement les temps et les coûts de la rupture de charge portuaire.
- Les semi-remorques routières qui peuvent être chargés sur des wagons appelés « wagons-poches ».
- Les caisses mobiles ou conteneurs terrestres que l'on peut transporter par route ou par fer (sur wagon plat).

Les principales contraintes au développement de ce type de transport restent :

- la lenteur du cheminement;

- la rigidité de la taille du conteneur;
- les impératifs d'horaires des trains ou bateaux qui obligent à programmer rigoureusement les pré-acheminements;
- la présence de chantiers spécifiques qui impliquent moyens humains et matériels afin de préparer et réceptionner les transports rail/route.

Notons que la France étudie très sérieusement le développement de transport combiné en lien avec la Suisse et l'Espagne afin d'alléger le trafic routier du passage des Alpes et des Pyrénées.

La polémique qui a été suscitée par la réouverture du tunnel du Mont-Blanc aux poids lourds montre bien l'importance et l'urgence du développement de ce mode intermédiaire de transport…

g) Valorisation de la rupture de charge

La logistique de transport ne se limite pas qu'au choix d'un mode de transport. Encore faut-il essayer de valoriser ce choix par une opération sous-jacente au transport; cela concerne toutes les opérations techniques en aval de la fabrication et qui permet d'apporter un « plus » au produit fini sorti d'usine. Leur mission est de permettre l'adaptation du produit fini aux exigences du consommateur.

Il s'agit principalement de toutes les opérations intervenant sur l'emballage, l'étiquetage ou le marquage des prix en vue d'un reconditionnement ou d'une promotion.

Cela a représenté une véritable opportunité de développement pour les entreprises de transport qui ont su s'adapter et même proposer toutes sortes d'opérations qui constituent une charge pour l'industriel.

3.5.3 Le rôle des prestataires dans la distribution physique

a) Constat

Depuis une vingtaine d'années, on remarque que les entreprises se recentrent sur leur métier de base. Il existe plusieurs raisons à cela :

- La crise économique des années 70 a demandé aux entreprises un plus grand professionnalisme donc une meilleure maîtrise de la technique.
- Par ailleurs, ces techniques sont devenues plus complexes et ont nécessité des spécialistes et souvent des investissements lourds.

De ce fait, les entreprises ont petit à petit pris l'habitude de sous-traiter une part croissante des tâches auparavant traitées en interne. Mais cette sous-traitance a évolué aussi. D'une sous-traitance de tâches secondaires comme le gardiennage ou l'entretien, on est passé à une sous-traitance beaucoup plus spécialisée et professionnelle, voire à la sous-traitance de tâches très qualifiées.

Par rapport aux pays anglo-saxons, le nombre d'entreprises françaises qui font le choix de la sous-traitance est en retrait. Cependant, c'est en France que l'on trouve les externalisations les plus complètes et les plus complexes. C'est la fonction logistique qui est la plus sous-traitée.

Dans le cadre de la distribution physique, après avoir assisté à la sous-traitance des opérations de transport principalement, ce sont à présent des activités annexes qui sont sous-traitées comme la conception, les études et surtout les achats.

b) L'attente des entreprises

L'entreprise, à la base, est toujours très intéressée par la sous-traitance mais reste cependant toujours exigeante : elle doit trouver à l'extérieur une prestation adaptée à son besoin.

Le choix du prestataire dépendra de sa capacité à apporter un service innovant. Dans le cadre d'un achat sur le net, par exemple, le prestataire devra accompagner le site marchand dans la mise en place d'une chaîne logistique adaptée dans laquelle les coûts seront maîtrisés.

Le prestataire doit veiller à pouvoir s'adapter à toute évolution : un service souple et faisant preuve d'une grande flexibilité est indispensable.

Dans le cadre de la distribution, par exemple, les critères de sélection d'un prestataire seront :

- la ponctualité, la rapidité, la flexibilité, le coût;
- la capacité à absorber les volumes et les pics d'activité, l'anticipation des besoins en ressources (chauffeurs et véhicules par exemple), la récupération informatique de l'ordre de livraison, le suivi en temps réel du parcours du colis, la gestion des anomalies, le service personnalisé de livraison…

Tous ces critères de sélection sont de véritables facteurs clés de succès du prestataire s'ils sont respectés sur du long terme. En effet, la crédibilité des prestataires repose sur trois caractéristiques :

- l'efficience de leur prestation;
- la capacité à faire du sur mesure;
- leur niveau de performance dans la durée.

c) Les prestataires du e.commerce

Longtemps réticents pour se lancer dans le e.commerce, les prestataires transport et logistique se lancent petit à petit dans ce marché qui leur permet d'être plus facilement présents de façon internationale. Les prestations qu'ils proposent couvrent les différentes composantes de la chaîne logistique-transport. Certains se focalisent sur le B to C et recherchent à optimiser le service au client. D'autres privilégient le B to B et privilégient les relations inter-entreprises.

Ce sont principalement des anciens transporteurs qui ont créé leur propre service voire filiale chargé de ce type de flux marchand. Tous quels qu'ils soient, Danzas, DHL, Exel, Géodis, Giraud, Heppner, Jet service, La Poste, Mory, savent que c'est un système informatique performant qui fera la réussite de la e-logistique.

d) La naissance de nouvelles plates-formes

L'externalisation croissante par les entreprises de leurs activités logistiques depuis la fin de la récession économique à la fin des années 90, a donné naissance à de nouvelles plates-formes. Alors que le bâtiment de base est toujours un entrepôt, on a assisté à une augmentation sensible de leur surface moyenne (environ 40 000 m^2 voire plus), et à une conception nouvelle à savoir des entités divisibles en différentes cellules pour offrir plus de souplesse à l'utilisateur.

En effet, les prestataires spécialisés en solutions logistiques gèrent des flux de plus en plus conséquents ce qui les oblige à les regrouper géographiquement pour d'évidentes économies d'échelle. D'autre part, les nouveaux sites logistiques ne sont plus uniquement

des lieux de stockage mais un centre d'activité traversé par des flux de produits de plus en plus nombreux, produits qui subissent de plus en plus de transformations ce qui implique des aménagements adaptés. Encore actuellement, ce sont des sites qui évoluent avec les métiers logistiques : au simple stockage et conditionnement des produits, on demande au logisticien d'accomplir des tâches d'assemblage sur des articles high-tech, d'assurer des SAV et la gestion des retours.

Ceci implique pour ces nouvelles plates-formes un grand nombre de nouvelles contraintes du type physique, organisation des postes de travail, qualification du personnel mais aussi protection et sécurité.

e) L'externalisation et la supply chain

Il semble important de préciser la différence entre sous-traitance et externalisation : alors que la sous-traitance représente un ensemble de tâches, la notion d'externalisation couvre la totalité d'une fonction ou d'une activité. Il convient aussi de noter que la fonction externaliser ne se réduit pas à la seule notion de faire-faire mais concerne aussi la démarche de création de valeur parallèlement au transfert de compétences que possède le prestataire.

Comment recouvrir toute la fonction logistique par des opérations d'externalisation ?

En matière de logistique une offre de sous-traitance classique consistera à faire réaliser une partie des prestations d'entreposage ou de transport par des prestataires logistiques : par exemple, une entreprise peut confier les opérations d'entreposage et de préparation de commande. Dans ce cas-là, l'entreprise transmet des commandes à préparer et à livrer vers le système du prestataire qui se charge de les préparer en fonction des adresses de livraison et de la taille des commandes, de les préparer (picking) et de les charger dans les camions.

Les opérations de livraison peuvent être confiées à un autre sous-traitant qui se chargera de l'organisation du transport, du suivi des opérations de livraison et du paiement des transporteurs extérieurs.

L'externalisation de la fonction logistique consisterait à confier au prestataire la responsabilité de l'ensemble du processus de distribution. À charge pour lui de piloter tous les flux relevant de cette fonction éventuellement en confiant certaines opérations à d'autres prestataires, mais en veillant à intégrer des systèmes d'information fiables et compatibles avec ceux de l'entreprise.

Cette forme d'externalisation à forte valeur ajoutée est en pleine évolution et intéresse particulièrement les entreprises du fait de sa globalisation parallèlement au développement de la notion de *supply chain*.

Cela implique un partenariat avec le prestataire unique spécialiste de la logistique à qui est confiée toute l'organisation, la maîtrise et le contrôle de tous les flux. À lui de faire appel, éventuellement, à d'autres sous-traitants locaux.

De ce fait, portés par l'évolution des contraintes logistiques mais aussi par la spécification des métiers, les prestataires logistiques sont devenus des acteurs incontournables pour l'industrie et la distribution.

LES « ÉTUDES » 4

4.1 IMPORTANCE DES ÉTUDES

L'entreprise doit montrer sa capacité de développement et d'innovation, c'est-à-dire la manière dont elle sait passer de l'idée d'un produit à sa conception et à sa réalisation industrielle.

Dans ce cadre, la fonction « ÉTUDES » a pour vocation la mise au point de produits nouveaux et l'amélioration des produits existants en vue de leur production par l'entreprise. Elle a le souci permanent d'étudier chaque élément d'un produit dans une optique de fiabilité, en prévoyant une maintenance aisée et en intégrant les dernières nouveautés techniques.

De plus, l'environnement étant mouvant, l'entreprise devra, si elle souhaite améliorer sa compétitivité, être capable de réagir vite à une demande des clients de plus en plus fluctuante et faire preuve de flexibilité.

La fonction « études » n'a pas la même importance dans toutes les entreprises. Suivant l'activité de l'entreprise, cette fonction peut :

- ne pas exister,
- ne consister qu'à industrialiser le produit conçu par le client,
- consister à concevoir et industrialiser un produit spécifique pour un client,
- consister à concevoir et industrialiser les produits de l'entreprise.

Elle est assurée par un ou plusieurs bureau(x) d'études organisé(s) :

- soit par affaire et par client dans le cas d'entreprises travaillant à la commande,
- soit par département, par famille de produits ou par ensemble de produits dans les autres cas.

4.1.1 Les produits

a) Définition

Un produit est un ensemble industriel propre à l'utilisation. Il peut être :

– **produit fini** : c'est un ensemble industriel prêt à l'utilisation et clairement identifiable par la clientèle. Il fait partie du catalogue de l'entreprise ;

– **produit semi-fini** : ce n'est pas, comme on pourrait le penser, un produit qui n'est pas achevé. C'est un ensemble terminé entrant dans la composition d'un produit plus complexe et pouvant être commercialisé individuellement sous forme de pièce de rechange.

Un produit industriel peut-être :

– à **variantes** : fonction dont le choix est obligatoire ;

– à **options** : fonction dont le choix n'est pas obligatoire ;

– un **accessoire** : option montée hors usine.

b) Cycle de vie d'un produit

La vie d'un produit peut se décomposer en trois grandes périodes :

– une période de « **naissance** », ou de développement, qui regroupe la phase de conception et d'industrialisation ; durant cette période, le produit n'est pas commercialisable ;
– une période de « **vie** » durant laquelle le produit est fabriqué conformément à la demande des consommateurs ; cette période caractérise la stabilité de la demande du produit ;
– une période de « **mort** » durant laquelle la demande diminue jusqu'à cessation totale des ventes.

Le cycle de vie d'un produit se représente simplement suivant le type de courbe suivant :

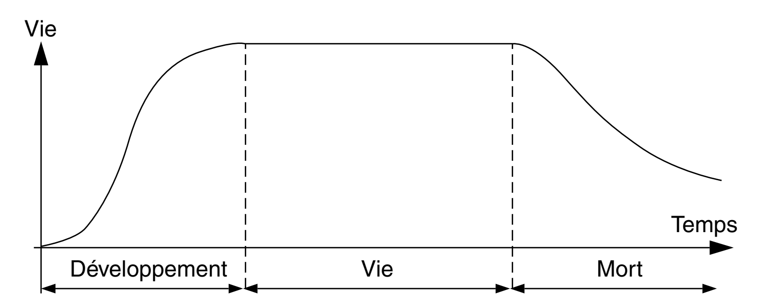


Figure 4.1 – **Vision du cycle de vie d'un produit.**

Il faut noter qu'aujourd'hui, les produits ont un cycle de vie plus court qu'auparavant ; cet état de fait est dû soit à la progression permanente de la technologie soit au phénomène de mode des produits. Par exemple, en électronique, les lampes à vide se sont vendues pendant 30 ans, les transistors pendant 10 ans, et un nouveau circuit imprimé est dépassé au bout d'un an.

c) Classification suivant leur destination

Tous les produits, ou biens de consommation, fabriqués par les entreprises ne sont pas de même nature. Chaque type de produit possède des caractéristiques qui orientent les choix d'organisation les mieux adaptés à leur fabrication. Il est possible de classer les produits selon plusieurs manières mais il est très courant de les classer par type. Nous verrons, plus loin, une autre classification.

➤ *Produits complexes de type « bien d'équipement »*

Ce type est caractérisé par la variété des produits et leur diversité de mise en forme. On note l'existence :

• d'une nomenclature (de bureau d'études ou de production) ;
• de nombreuses variantes, options ou accessoires.

Exemple : voitures…

➤ *Produits standards de type « grand public »*

Ce sont généralement des produits de faible complexité comportant peu de variantes. Généralement, il existe une nomenclature et le produit peut être complexe mais il est stable.

Exemple : électroménager, prêt à porter, chaussures…

➤ *Produits complexes à forte valeur ajoutée*

Ce sont des produits très complexes fabriqués à l'unité ou en très petites séries. Ces produits sont caractérisés par une nomenclature d'enchaînement des tâches évoluant au cours de la définition et de la structuration des produits.

Exemple : immeubles, avions, navires…

➤ *Pièces élémentaires*

Ce sont des produits simples constitués de peu de composants. Il n'existe pas de nomenclature ou, si elle existe, celle-ci est très petite.

Exemple : décapsuleurs, ouvre-boîtes…

d) Classification suivant leur élaboration

La précédente classification a l'avantage de dissocier la nature du produit de son mode d'élaboration. David Blacklock, par contre, associe les deux lorsqu'il propose sa classification « VAT ».

Cette classification met en évidence le nombre de produits finis obtenus en fonction du nombre de matières premières et/ou de composants utilisés.



Figure 4.2 – Classification « VAT ».

Interprétation : dans le cas d'un produit de type V, on réalise de nombreux produits finis à partir d'un nombre restreint de composants.

➤ *Produit de type V*

Correspond à des produits obtenus par des industries de type « process ». On fabrique de nombreux produits finis à partir de peu de matériaux bruts. C'est un produit de structure **divergente**. Très souvent, la nomenclature n'existe pas ou est très petite.

Exemple : composants électroniques, industries chimiques, industries laitières…

➤ *Produit de type A*

Correspond à un produit assemblé classiquement. Peu de produits finis sont fabriqués à partir de nombreux composants. Dans les entreprises correspondantes on sépare généralement la fabrication des composants et l'assemblage des produits finis. C'est un produit de structure **convergente**. La nomenclature de produit est importante et on constate qu'il y a souvent de nombreux composants en stock.

➤ *Produit de type T*

Correspond à un produit obtenu par l'assemblage moderne. De nombreux produits finis assemblés à partir de composants communs. Permet de s'adapter à un marché compétitif et fluctuant. C'est un produit de structure **linéaire**. La nomenclature de produit est importante.

➤ *Produit de type « diabolo » ou X*

Ce type de produit correspond à un dérivé des produits de type T obtenu par une combinaison des produits de type A et V. On obtient un nombre limité de produits semi-finis suivant une structure de type A. Ensuite, on fabrique de nombreux produits finis de type V adaptés aux besoins spécifiques des clients obtenus par de multiples combinaisons de ces produits semi-finis. C'est un produit de type **point de regroupement**. C'est la caractéristique des produits ayant de nombreuses variantes.

4.2 Le marketing

La fonction **marketing**, ou merchandising, rattachée généralement à la direction générale, au commercial ou parfois à la R&D (recherche et développement) est chargée de nourrir la réflexion stratégique et l'innovation grâce à des chefs de produits ou de marchés, d'enseignes.

Elle a un rôle essentiel de communication car les entreprises prennent de plus en plus conscience que c'est le client qui commande, qui achète et non le marché ou le segment de clientèle (on découvre que le chaland peut avoir des comportements différents selon les enseignes). Pour cela il sera donc nécessaire, en fonction des cibles à atteindre, de bien définir la pertinence des messages et des vecteurs de communication afin d'avoir le meilleur impact possible. C'est dans cette optique que l'on peut constater l'émergence de produits du CRM dans l'offre informatique.

Le marketing cherche donc à connaître, analyser et traduire les besoins de la clientèle pour développer de nouveaux produits ou services. Les cadres de cette fonction travaillent en collaboration permanente avec ceux des études, de la production et de la force de vente, et assument souvent l'interface entre leurs exigences, techniques et commerciales.

Le marketing tend à devenir plus opérationnel et pragmatique. En se généralisant dans la plupart des entreprises, le marketing s'est aussi rapproché de la vente, procurant une place de choix à la promotion des ventes.

4.3 Recherche et développement

La recherche et le développement (R&D) englobent les travaux de création entrepris de façon systématique en vue d'accroître la somme de connaissances, y compris la connaissance de l'homme, de la culture, de la société, ainsi que l'utilisation de cette somme de connaissances pour de nouvelles applications.

Cette fonction a pour objet de permettre à l'entreprise d'adapter en permanence ses produits ou ses process et d'en créer de nouveaux pour répondre aux besoins du marché. Développer la compétitivité technique, en particulier de son outil de production, assurer une veille scientifique et technologique caractérisent cette fonction, qui est étroitement liée aux fonctions marketing et commerciale d'une part, à la production d'autre part. L'innovation nécessaire peut impliquer une recherche fondamentale originale, une réponse technique à une attente du marché ou l'appropriation d'un savoir scientifique développé par d'autres.

Le résultat de cette fonction se concrétise sous la forme d'un cahier des charges qui explicite les caractéristiques fonctionnelles du produit à concevoir en précisant les conditions particulières d'emploi ainsi que les quantités à réaliser et, quelquefois, par la réalisation d'un prototype.

4.4 LA CONCEPTION

La conception a pour but d'élaborer, à partir d'un cahier des charges précisant les fonctionnalités attendues du produit :

- l'avant-projet au stade de la consultation ;
- le projet matérialisé par un plan de conception (ou plan d'ensemble) et la logique de fabrication
  - dans le cadre d'un contrat spécifique pour un client ;
  - dans le cadre de l'entreprise pour évaluation et étude de faisabilité et de rentabilité.

En mécanique, le plan de conception, élaboré au stade de l'avant-projet, formalise les caractéristiques essentielles du produit. Tous les dimensionnements sont d'ordre fonctionnel.

En électronique, la conception consiste en une définition d'un schéma de principe indiquant les différentes valeurs des composants.

Dans le cas d'une fabrication en grande série, la phase de conception peut conduire à la réalisation d'un prototype, ou d'une maquette, qui permettra d'effectuer divers essais de validation des spécifications techniques concernant les conditions de fonctionnement.

4.4.1 Apport de l'informatique

Afin de pouvoir répondre dans des délais compétitifs, l'entreprise doit s'attacher à raccourcir ses délais de développement.

Plusieurs enquêtes ont été menées pour analyser la nature des travaux réalisés dans la fonction études. Les résultats de ces recherches montrent que la répartition des tâches pouvait se représenter de la manière suivante :

Nous pouvons remarquer que la part de temps consacrée à la création est très faible, par contre celle consacrée aux modifications ou au dessin est très importante. De plus, le travail de conception n'est pas un travail séquentiel, il existe de nombreux allers et retours entre les différentes phases.

Cette démarche justifie pleinement l'emploi de l'informatique qui offre :

– **une aide à la conception** : le concepteur, libéré des tâches répétitives de dessin est plus à même de perfectionner son étude en envisageant plusieurs solutions ;
– **une aide à la représentation** : la CAO permet un gain sur les délais de réalisation du projet ce qui permet une grande souplesse dans l'introduction des modifications ;

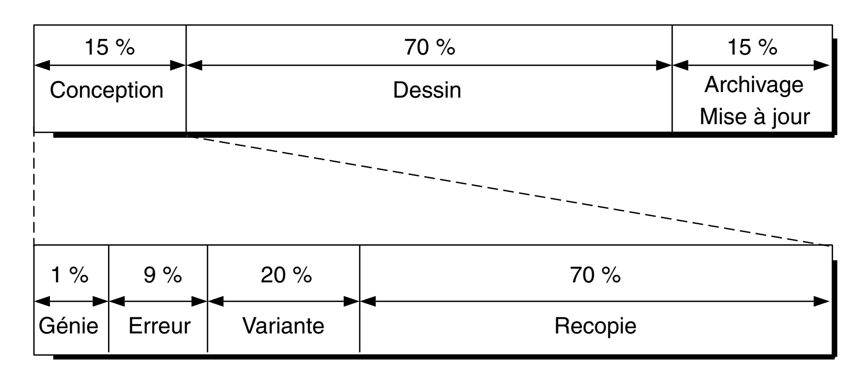


Figure 4.3 – Répartition des tâches en bureau d'études.

– **une aide à la gestion** : la CAO permet la prise en compte des tâches de documentation, d'archivage des plans (en particulier la mise à jour des modifications), la transmission d'informations (recopies fastidieuses, risques d'erreurs) ;
– **une aide à la standardisation** : l'utilisation d'une même base de dessin permet d'envisager une standardisation des dessins ce qui facilite leur compréhension et abaisse leurs coûts.

Remarque : Attention de ne pas confondre DAO et CAO. Ce n'est pas parce qu'un progiciel permet une représentation graphique qu'il permet de faire de la conception.

4.4.2 La technologie de groupe

Afin d'éviter de rechercher une solution à un problème déjà résolu, la conception peut s'appuyer sur la technologie de groupe qui vise à mémoriser et classer le savoir de l'entreprise.

La solution à un problème se trouve souvent consignée sur un document utilisé précédemment dans l'entreprise. Sans méthodologie, la recherche de ces documents demande beaucoup de temps d'où l'idée d'une classification pour faciliter les recherches.

a) Principe

Chaque pièce est décrite par un code simple ou étendu. À partir d'une population échantillon de pièces on recherche une classification adaptée. Associés à ce code, on mémorise plan, gamme, suivi de fabrication, remarques…

Lors de la réalisation d'une nouvelle pièce, on détermine son code, partiel ou complet. Par recherche dans les données précédemment mémorisées, on sélectionne la ou les pièces analogues correspondantes. Si aucune pièce n'est sélectionnée, nous avons à faire à une nouvelle pièce. Par contre, il est possible de trouver une ou plusieurs pièces analogues qui ont été déjà réalisées. Il est alors possible de faire référence à tous les documents correspondants ainsi sélectionnés.

En règle générale, les critères de classification retenus pour une pièce sont souvent la morphologie et les dimensions, plus rarement la fonction ou les techniques de fabrication.

Nous trouvons trois types de classification :

• classification sur des familles de pièces définies par leurs fonctions (arbre, carter, vilebrequin…) ;
• classification codée universelle permettant le codage de toute pièce mécanique ;
• classification codée adaptée à l'entreprise. Ces systèmes sont parfois limités à une partie de la fabrication (révolution, fonderie…).

b) Exemple : classification du CETIM

Le CETIM propose une classification morphodimensionnelle des pièces suivant une codification simple comportant 7 rangs correspondant au troisième type.

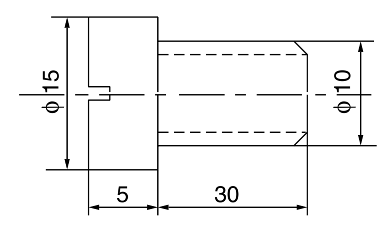
L'ensemble des pièces d'une entreprise peut être séparé en 5 groupes :

• pièces usinées de révolution ;
• pièces usinées non de révolution ;
• pièces élémentaires de construction soudée - produits plats ;
• pièces élémentaires de construction soudée - produits longs ;
• pièces standards du commerce.

Pour chaque groupe, il existe un tableau de classification spécifique. À titre d'exemple, nous utiliserons l'extrait de la classification des pièces usinées de révolution présenté page suivante.

c) Exemple de raisonnement

Soit une vis en acier faiblement allié définie comme suit :



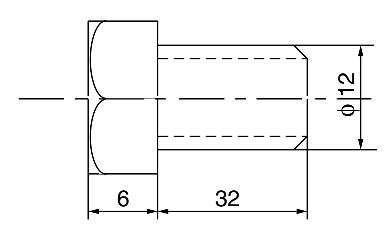
Le code correspondant, suivant la classification du CETIM sera :

2 0 1 0 7 2 3

Il est possible que plusieurs pièces, légèrement différentes, possèdent le même code. En supposant un passé de l'entreprise correspondant à la liste suivante :

P1	1 0 1 0 7 2 3
P2	1 2 1 0 5 6 0
P3	2 0 1 0 7 2 0
P4	2 0 1 0 7 2 3
P5	2 0 1 0 7 2 3
P6	2 2 3 0 4 0 1

Voulant réaliser une vis en alliage cuivreux, dont la tête correspond au profil de la barre polygonale approvisionnée, définie comme suit :



Nous allons interroger l'acquis de l'entreprise en recherchant tous les produits possédant les mêmes caractéristiques principales. Composons le code partiel correspondant à ces caractéristiques et recherchons tous les codes existants répondant à ce code partiel :

— — 1 0 7 2 —

Par analyse de l'acquis de l'entreprise nous voyons que les produits P1, P3, P4 et P5 correspondent à ce code. Une analyse plus fine nous permettra de déterminer le produit qui se rapproche le plus de celui que l'on recherche sélectionnant, ainsi, les documents qui nous serviront à la conception et à la réalisation de ce nouveau produit.

4.5 L'INDUSTRIALISATION

Cette fonction a pour rôle d'expliciter le projet dans le cadre des spécifications techniques. L'industrialisation d'un produit doit se faire en visant la simplification de la production. Pour cela, le concepteur aura à cœur de minimiser le nombre de produits finis, de minimiser le nombre des composants entrant dans leur fabrication et de travailler dans le sens d'une standardisation de ces produits.

Cette phase est très importante car elle conditionne la bonne réalisation des produits dans les ateliers.

En mécanique, l'industrialisation consiste à définir les plans d'exécution (explicitent les caractéristiques des ébauches et donne tous les dimensionnements de détail) et les plans de détail (subordonnés à un plan d'ensemble ou d'exécution, ils explicitent toutes les données nécessaires à l'exécution d'une pièce ou partie d'un ensemble) permettant la réalisation de la pièce dont il est l'objet. Certaines pièces ayant des analogies de fabrication et des processus d'obtention identiques peuvent être réalisées à partir de mêmes ébauches. Celles-ci, fabriquées en plus grandes séries pour plusieurs produits finis différents offriront à l'entreprise une plus grande souplesse de fabrication.

En électronique, l'industrialisation consiste à définir les composants les mieux adaptés vendus dans le commerce qui devront constituer le produit et à prévoir leur implantation, permettant ainsi de définir le circuit imprimé support. Si deux modèles utilisent des supports et des composants similaires, le concepteur cherchera à définir un produit utilisable dans les deux cas et facilement adaptable au besoin (passage d'un produit à un autre par élimination d'une diode, d'une résistance, d'un composant…). Cela peut, dans ce cas, conduire à insérer dans le produit plus de composants que nécessaire ; toutefois, le surcoût est largement inférieur au coût de gestion de plusieurs produits finis.

4.6 LES MÉTHODES

4.6.1 But

Charnière entre l'« industrialisation » et la « fabrication », la fonction « méthodes » participe à l'innovation dans les procédés de fabrication, assure la préparation technique du travail, améliore les postes de travail et entretient les données techniques de l'entreprise.

Née du taylorisme, la fonction « méthodes » fait le lien entre la conception et la réalisation des produits. Partant du principe que la préparation d'un travail augmente la productivité, cette fonction occupe donc une place importante dans l'organisation de l'entreprise.

a) Innovation dans les procédés

Lors de la définition de nouveaux produits, la fonction « méthodes » participe, avec la fonction « études », à la définition des moyens nécessaires. Elle recherche, à cet effet, à innover dans les techniques de production afin de mettre en œuvre de nouvelles matières premières, d'améliorer la qualité des produits et d'obtenir des prix compétitifs.

De façon générale, la fonction « méthodes » aura le souci d'améliorer en permanence les procédés de fabrication existants afin d'en obtenir une meilleure rentabilité.

b) Préparation technique du travail

Un des buts de la fonction « méthodes » est de définir comment les produits seront réalisés. Pour chaque réalisation, elle détermine le processus de fabrication en prévoyant les conditions optimales de production en choisissant les moyens les mieux adaptés.

c) Amélioration des postes de travail

La recherche de productivité a conduit l'entreprise à réfléchir à la meilleure utilisation des moyens industriels et des employés tout en préservant ou en améliorant les conditions de travail. Dans cette réflexion, la fonction « méthodes » est quelquefois conduite à repenser de nouveaux postes de travail. Pour cela, il faut d'abord rechercher une simplification des tâches d'exécution et une économie des mouvements nécessaires avant de mettre en œuvre les règles fondamentales d'ergonomie (ambiance, répétitivité, fatigue…).

d) Mise à jour des données technologiques

Pour la réalisation des produits, l'entreprise possède des moyens de fabrication (machines, outillages, personnel) qui doivent être recensés et codifiés. Pour chacun d'entre eux, la fonction « méthodes » se charge de définir leurs principales caractéristiques et veille à la mise à jour des différents fichiers ou documents techniques indispensables à la fonction : gammes, machines, conditions de coupe, abaques de calcul des temps…

4.6.2 Conception d'un procédé de fabrication

a) Démarche de conception

La conception d'un procédé de fabrication se fait à deux niveaux

– au **niveau global**, on détermine le processus de fabrication dans l'atelier : à partir d'un plan d'industrialisation d'une pièce à fabriquer, on détermine tout d'abord la succession des séquences de fabrication. Ensuite, pour chaque phase, on choisit les postes de travail les mieux adaptés à leur mise en œuvre ;
– au **niveau de détail**, on détermine le processus de fabrication pour chaque poste : par analyse du travail à réaliser on détermine la séquence des opérations à exécuter (types d'opérations, modes opératoires, conditions de coupe) et les informations relatives à la préparation du poste de travail (équipement, outillages). C'est à ce stade que sont élaborées, si nécessaire, les fiches de phases et les fiches particulières de fabrication. Après cette analyse, il est possible de prévoir le temps de préparation du poste et le temps d'exécution d'une pièce.

Généralement, on effectuera un calcul précis des temps de préparation et d'exécution lorsque nous devrons fabriquer des séries de pièces. Pour un produit unitaire, la gamme sera souvent simple et sa définition se limitera à une conception au niveau global ; les temps seront alors estimés globalement par phase.

b) Le processus de réalisation

Le document principal résultant de la fonction Méthodes est la gamme de réalisation dont à partir de laquelle on réalise d'autres documents qui sont obtenus par recopie sélective des informations contenues dans la gamme.

Pour assurer sa tâche, la fonction « méthodes » a besoin :

- des **plans de conception** et d'**industrialisation** créés dans la fonction études (conception et industrialisation) qui permettent d'analyser les produits à fabriquer afin d'en déterminer les processus de fabrication ;
- de la **logique de fabrication** créée dans la gestion d'affaire et affinée dans la fonction études. Cette logique permet de définir l'ordre de préparation du travail ;
- des **données technologiques** définissant les caractéristiques principales des moyens de production.

➤ *Types de gammes*

Les gammes définissent les séquences nécessaires à la fabrication, le montage ou le contrôle des produits. Elles contiennent donc la description détaillée de chaque opération, ou phase.

Pour chaque phase, il est précisé les ressources nécessaires (poste de charge, outillage et matières premières ou composants), les différents temps d'exécution et le mode opératoire correspondant à la transformation.

Si la pièce est obtenue par transformation de la matière ce document s'appelle **gamme d'usinage** alors que si elle est obtenue par assemblage il sera nommé **gamme d'assemblage**. Il est possible, également, d'indiquer sur une **gamme de contrôle** la suite des instructions de certification du produit.

Suivant le secteur d'activité, ce document peut également s'appeler process (électronique), recette (agroalimentaire)…

Gamme opératoire					
Produit fini :			Gamme N° :		
			Gamme principale ❑	Gamme secondaire ❑	
Pièce de la gamme :			N° Plan + Repère pièce :		
			Date & Nom préparateur :		
Phase	Poste charge	Temps Série (…..)	Temps Unitaire (…..)	BSM	Libellé

Figure 4.4 – **Modèle de gamme d'obtention.**

Nous venons de voir qu'il est possible de différencier les gammes suivant la nature du travail à exécuter. Il est également possible de les classer suivant leur nature :

Gamme principale. La fonction méthodes définit, au départ, un processus de fabrication caractérisé par les différentes tâches à réaliser sur des ressources déterminées que l'on appelle « gamme principale ».

Gamme secondaire (ou de remplacement). Si, pour différentes raisons, il n'est pas possible d'appliquer cette gamme principale, il est possible d'utiliser une « gamme secondaire » (appelée également « gamme de remplacement ») qui définit un processus légèrement différent mais tout aussi acceptable.

Gamme linéaire. Une gamme linéaire définit un processus de fabrication strictement séquentiel, une phase ne pouvant être exécutée que lorsque la précédente est terminée.

Gamme à enclenchement. Il est possible de décrire la réalisation d'un produit complexe en plusieurs gammes correspondant chacune à une partie de l'ensemble. Il sera alors nécessaire de définir un graphe pour déterminer l'enclenchement et les éventuels recouvrements des gammes.

➤ *Contenu d'une gamme*

Opération, phase. La gamme, indiquant la suite des instructions à réaliser, est constituée de phases. Une phase peut être définie comme « l'ensemble des opérations élémentaires à exécuter sur un poste de charge », l'opération étant un « processus de fabrication élémentaire à exécuter d'une façon indivisible ». On détermine l'ordre de prise en compte des phases en leur attribuant un numéro (il est courant de les numéroter de 10 en 10).

Poste de charge. C'est un poste (ou ensemble de postes) de travail apte à exécuter une fabrication. Il est composé d'un, ou de plusieurs, poste(s) de travail, identiques ou différents, et du (ou des) opérateur(s) nécessaire(s) à son fonctionnement. C'est le moyen qui sera référencé pour la définition d'un processus de fabrication et qui sera pris en compte dans la planification.

Outillage. C'est le dispositif qui sert au positionnement, dans l'espace, du produit à réaliser. Sur un poste de travail, l'outillage peut être :

- **universel** : le même outillage peut servir à plusieurs types de pièces ;
- **spécifique** : l'outillage sert au positionnement d'un produit particulier. Il fait généralement l'objet d'une conception et d'une fabrication préliminaire à la réalisation du produit.

L'outillage, en gestion de production, ne doit pas être confondu avec le magasin d'outils de l'entreprise. L'outil sert à façonner le produit alors que la machine-outil, reliant outil et outillage permet d'exécuter le travail.

Bon de sortie matière (BSM). On indique, ici, la nécessité de sortie matière du magasin pour l'exécution de la phase concernée.

Les différents temps d'utilisation du poste de charge. Nous trouvons, par phase ou opération de la gamme plusieurs temps qu'il est possible de les classer suivant différents critères :

– Classement suivant la nature
  - **Temps manuel** : c'est le temps pendant lequel le travail correspond uniquement à l'action de l'opérateur.
  - **Temps technologique** : c'est le temps de fonctionnement du moyen de production sans intervention de l'opérateur. Ce temps dépend uniquement des conditions techniques d'exécution.

  - **Temps technico-manuel** : c'est le temps de fonctionnement du moyen de production nécessitant l'intervention de l'opérateur.
- Classement suivant la fréquence
  - **Temps de préparation**, ou **temps série** : c'est le temps de préparation et de libération du moyen de production. Ce temps est applicable une fois par lot de fabrication, quelle que soit la quantité fabriquée.
  - **Temps unitaire** ou **période** : c'est le temps nécessaire pour réaliser le travail prévu par la phase pour une pièce.
  - **Temps fréquentiel** : c'est la durée d'un travail exécuté en une seule fois pour n unités produites. Il correspond généralement aux contrôles exécutés en temps masqué pendant les temps technologiques. Dans le simogramme on représente la moyenne de ce temps, c'est-à-dire le temps fréquentiel ramené à une pièce.

    Exemple : contrôler une pièce sur cinq.
- Classement suivant la disposition dans la phase
  - **Temps masqué** : c'est le temps correspondant à un travail accompli par l'opérateur pendant l'exécution d'un autre travail.
  - **Temps résiduel** : c'est le temps d'inactivité de l'opérateur correspondant à la différence entre le temps technologique et le temps masqué.
  - **Temps d'équilibrage** : c'est le temps ajouté à un cycle pour réaliser la synchronisation de plusieurs cycles. C'est un temps rajouté artificiellement lorsqu'il n'est pas possible d'exécuter un contrôle en temps masqué (pendant un temps technologique). Ce temps est ramené à une pièce.

Le simogramme. Un simogramme est une représentation graphique de tous ces temps permettant de mieux analyser les activités lors d'une phase.

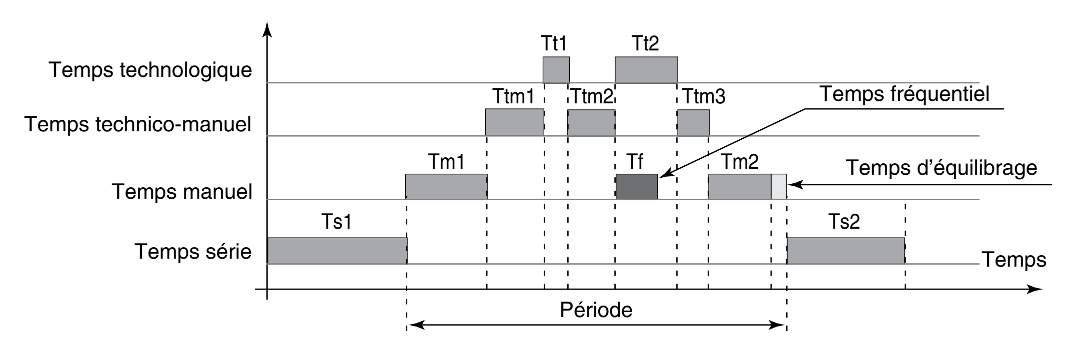


Figure 4.5 – **Représentation d'un simogramme.**

La détermination des temps peut se faire de plusieurs manières :

- par similitude : il est fréquent d'être conduit à réaliser un travail analogue à un autre qui a déjà été effectué dans l'entreprise. L'estimation du temps s'effectuera par référence aux temps passés pour cette réalisation. Cette méthode laisse une grande part à l'arbitraire mais est très rapide ;
- par chronométrage : cette méthode consiste à décomposer le cycle total d'une séquence en opérations élémentaires et à mesurer le temps nécessaire à la réalisation de chacune

d'elles. Cette méthode s'applique lorsque le travail au poste est stabilisé. Des valeurs obtenues pour chaque opération élémentaire, on détermine un temps relevé qu'il faudra pondérer en fonction d'un jugement d'allure (opérateur débutant ou expérimenté) pour obtenir le temps correspondant à une réalisation par un opérateur « moyen ».

– par temps standards : cette méthode consiste à décomposer le cycle total d'une séquence en mouvements essentiels successifs dont les durées ont été déterminées préalablement. La méthode la plus utilisée est la méthode MTM (Motion Time Measurement) qui propose dix mouvements de base (atteindre, saisir, mouvoir, tourner, mouvement de manivelle, appliquer une pression, positionner, lâcher, mouvement visuel, mouvement du corps ou des membres). Pour obtenir la durée de référence de la tâche, il suffit de faire la somme des temps correspondant aux mouvements de base composant la tâche.
– par observations instantanées : c'est une méthode de mesurage par sondage pour le travail en série. Elle consiste à faire des observations du poste de travail à intervalles de temps aléatoires afin d'en déterminer la nature du travail effectué (activité ou repos) et de calculer le pourcentage d'activité, ou d'inactivité, du poste. Pour que le résultat soit révélateur de la réalité, il est nécessaire d'effectuer *un très grand nombre* d'observations.

Utilisation du simogramme. En tout premier lieu, le simogramme nous permet de déterminer le temps unitaire (ou période) à prendre en compte pour une phase d'une gamme. Ensuite, il nous permet de déterminer différents taux d'activité de la phase :

$$\text{Taux d'activité ouvrière (en \%)} = \frac{\sum \text{Tm} + \sum \text{Ttm} + \sum \text{Tf} + \text{Te}}{\text{Période}} \times 100$$

$$\text{Taux d'utilisation du moyen de production (en \%)} = \frac{\sum \text{Tt} + \sum \text{Ttm}}{\text{Période}} \times 100$$

➤ *Documents issus de la gamme*

Fiche d'identification. Fiche permettant de repérer physiquement la pièce dans l'atelier au cours de sa fabrication ou son stockage. Elle correspond très souvent à l'en-tête de la gamme.

Matrice de phase chargement (ou gamme simplifiée). Ce document récapitule toutes les en-têtes de phase à l'usage de l'ordonnancement pour constitution du planning de charge. C'est une gamme simplifiée n'indiquant pas les modes opératoires associés à chaque phase.

Bon de travail. La fonction principale de ce document est de décrire le travail à effectuer sur un poste donné. Le bon de travail concerne une phase et est obtenu par reproduction du libellé et du mode opératoire de la gamme se rapportant à cette phase. Il est également utilisé pour :

- le suivi technique (retour d'information à la préparation),
- le suivi administratif (comptabilité analytique).

Fiche de phase. Sa fonction est de permettre l'édition d'un procédé de fabrication trop long pour pouvoir être sur la gamme. Elle décrit la suite des opérations détaillant la réalisation de la phase.

Fiche particulière de fabrication. Ce document précise les détails techniques concernant un processus de fabrication (traitement thermique, soudage, traitement de surface…).

Programme des machines outil à commande numérique. C'est une fiche de fabrication particulière directement interprétable par la machine-outil. Ce programme permet la réalisation de tout le travail prévu sur une machine à commande numérique.

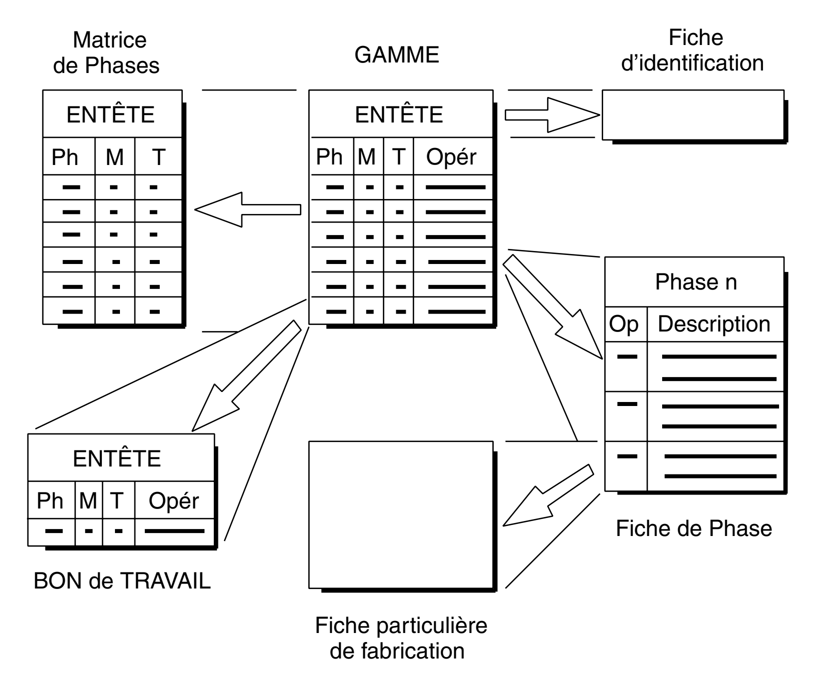


Figure 4.6 – **Liaisons entre les différents documents.**

4.6.3 Apport de l'informatique

Le but principal de l'utilisation d'un système automatisé est de garantir le choix des procédés technologiques optimum et de réduire les temps d'élaboration des gammes de fabrication.

a) Méthodes d'obtention des gammes

➤ *Obtention par similitude*

On peut remarquer que, très souvent, un nouveau produit n'est qu'une variante d'un produit déjà fabriqué dans l'entreprise. La définition de la gamme de ce nouveau produit n'est donc qu'une adaptation d'une gamme déjà existante. Suivant le principe de la technologie de groupe, toutes les pièces de l'entreprise sont classées en familles suivant leur similarité de fabrication. À chaque famille on attribue une gamme standard contenant les données normalisées.

Pour la conception de la gamme d'un nouveau produit, on recherche la famille correspondante qui nous donne une gamme type. Ensuite, on particularise la gamme en ajoutant les particularités de la pièce.

Ce sont des logiciels relativement simples.

➤ *Approche génératrice*

La gamme est conçue de façon progressive à partir de la description de la pièce et de connaissances technologiques. Cette approche s'apparente à la conception manuelle.

Ce sont généralement des logiciels complexes dont le temps de génération est long.

b) Contraintes de la GPAO

➤ *Les gammes en GPAO*

La gamme de fabrication est une des données de base d'un progiciel de GPAO. Toutefois, le principe des calculs n'impose pas de connaître, dans le détail, les modes opératoires de chaque phase, alors que ce n'est pas le cas lorsque l'on veut piloter un centre d'usinage.

La gamme en GPAO s'apparente plus de la « matrice de phase chargement » que nous venons de définir et elle sert principalement au calcul des charges dans la fonction d'ordonnancement des ordres de fabrication.

➤ *Les délais d'obtention*

Le calcul des besoins de type MRP (voir explication dans les chapitres suivants) impose de connaître, pour chaque article géré en stock, son **délai d'obtention** (Lead Time) **exprimé en unité de planification**. Ce délai d'obtention sera le délai d'approvisionnement pour un produit acheté et le délai de réalisation pour un produit fabriqué.

Le délai d'obtention est égal à la **somme** des **temps opératoires** et des **temps interopératoires**. Or, seuls les temps opératoires indiqués sur la gamme sont calculés avec beaucoup de précision. Les temps interopératoires ne sont qu'approximés car ils dépendent de nombreux facteurs organisationnels (mode de lancement en fabrication, type d'implantation d'atelier, temps de transfert, imbrication des gammes, taille des lots de fabrication et de transfert…). De plus, une étude de Carter effectuée en 1972 et confirmée par la suite a montré que la somme des temps opératoires ne représente qu'environ 5 % du cycle moyen de fabrication d'une pièce.

➤ *Conséquences*

Il est vrai que, si on souhaite connaître avec une extrême précision les charges des moyens de production, il faudra sans doute calculer le détail des temps opératoires ; par contre, si on se contente de synchroniser les flux matières dans l'entreprise, il sera préférable de déterminer, de la manière la plus probable possible un délai d'obtention de chaque pièce cohérent avec tous les paramètres de l'entreprise. Par la suite, il faudra chercher à mettre en œuvre les outils organisationnels qui permettront de les diminuer.

4.7 Les données techniques

Les modules des ERP concernant la « gestion de production » s'appuient sur une base de données techniques. Celle-ci comporte fondamentalement (il en existe en fait beaucoup plus) quatre fichiers, ou tables, sur disque associés par chaînage d'adresse, pour fournir un vaste ensemble dans lequel les modules iront chercher, là où elles se trouvent, les données nécessaires au travail en cours :

- fichier « articles »,
- fichier « liens de structure »,
- fichier « gammes de fabrication »,
- fichier « postes de charges ».

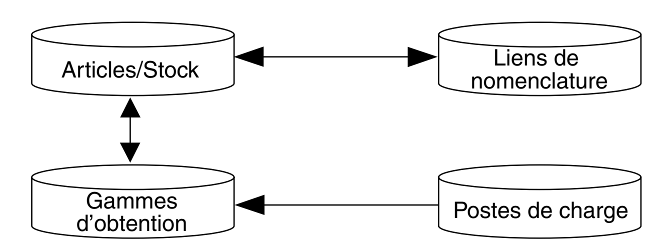


Figure 4.7 – **Enchaînement des principaux fichiers des données techniques.**

4.7.1 Les nomenclatures

Définition

On appelle nomenclature la liste descriptive des composants entrant dans la fabrication d'un produit.

Ces composants sont indivisibles et peuvent être :

- **achetés** : ce sont des produits indivisibles de base approvisionnés chez des fournisseurs extérieurs ;
- **fabriqués** : ce sont des sous-ensembles réalisés dans l'entreprise à partir de composants achetés.

Différents types de nomenclature

➤ *Nomenclature « à plat » ou « mère » ou « râteau »*

C'est la liste non ordonnée des composants du produit (ce sont des produits achetés uniquement). Cette nomenclature n'a qu'un niveau. Si un composant intervient à plusieurs niveaux de la fabrication, il n'apparaît qu'une fois dans la nomenclature. Cette nomenclature est surtout utilisée en bureaux d'études.

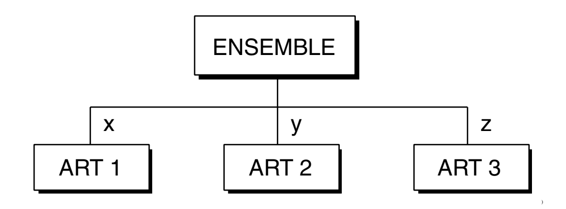


Figure 4.8 – **Nomenclature « râteau ».**

On note sur chaque branche du râteau le nombre de composants de même nature entrant dans la réalisation d'un ensemble.

➤ *Nomenclature « multiniveaux » ou « arborescente »*

Ce sont des nomenclatures où les composants peuvent être eux-mêmes constitués de composants. Notion de composants fabriqués (ou sous-ensemble de produits). Si un composant

intervient plusieurs fois, il n'est mentionné qu'une seule fois par sous-ensemble mais peut exister dans plusieurs sous-ensembles.

Une nomenclature est caractérisée par le nombre maximum de niveaux. Par convention, le produit fini porte le niveau 0, les sous-ensembles issus de la première décomposition portent le niveau 1 et ainsi de suite jusqu'à la numérotation au niveau maximum des produits achetés. Il est quelquefois possible d'avoir le produit fini au niveau 1, entraînant ainsi un décalage dans la numérotation des niveaux. De même, il est possible de rencontrer une numérotation qui attribut le niveau 0 aux produits achetés, le produit fini ayant alors le niveau maximum.

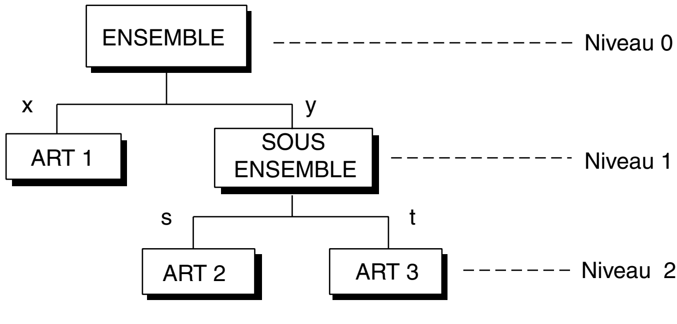


Figure 4.9 – Nomenclature arborescente.

On note sur chaque branche de l'arborescence le nombre de composants de même nature entrant dans la réalisation d'un composant de niveau supérieur.

➤ *Nomenclatures divergentes*

Comme nous l'avons vu précédemment, il est possible de faire de nombreux produits finis à partir d'une matière première unique (par exemple le lait). Nous avons vu que la structure est alors divergente et elle se représente de la façon suivante :

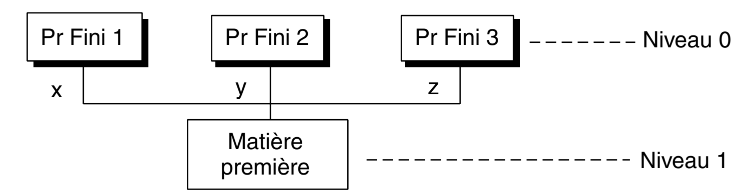


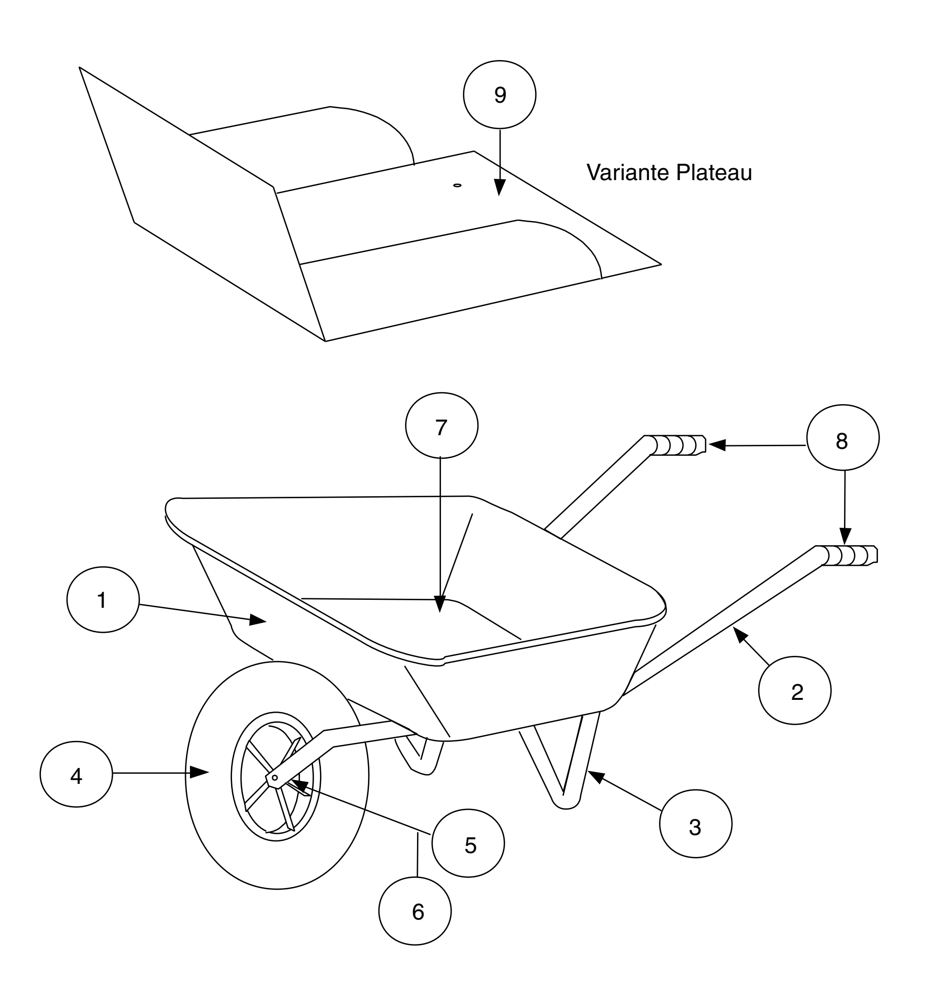
Figure 4.10 – Nomenclature divergente.

4.7.2 Différentes visions des produits

➤ *Exemple de produit*

Afin de pouvoir comprendre les différentes visions d'un même produit, nous étudierons un produit simple, facilement compréhensible et connu de tous : *une brouette*.

Ce produit, présenté sous forme d'un plan d'ensemble (voir figure 4.10), est disponible suivant deux variantes (brouette avec benne et brouette avec plateau).



			5	Boulon	1
9	Plateau	1	4	Roue	1
8	Manchon	2	3	Support	2
7	Boulons	4	2	Structure	1
6	Axe de roue	1	1	Benne	1
Repère	Désignation	Quantité	Repère	Désignation	Quantité

BROUETTE

Figure 4.11 – **Brouette : plan d'ensemble.**

➤ *Nomenclature râteau*

Cette nomenclature correspond à la liste des composants qui se trouve généralement au-dessus du cartouche du plan. Pour la brouette, nous aurons :

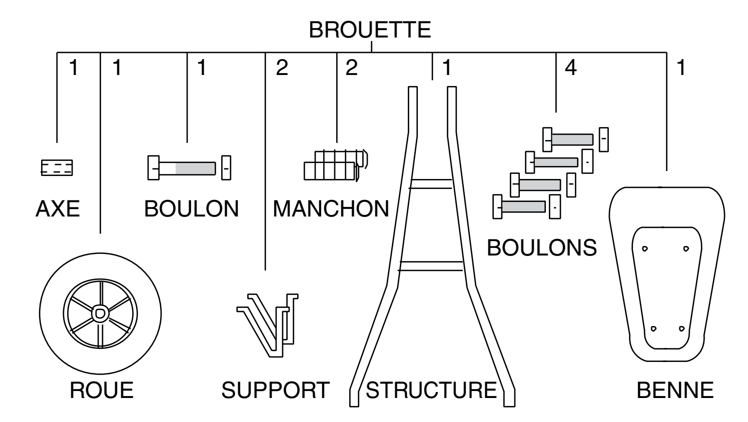


Figure 4.12 – Brouette : nomenclature râteau imagée.

Nous avons représenté, ici, chaque composant sous forme de schéma afin de faciliter la compréhension. Dans la réalité cette nomenclature est représentée comme suit :

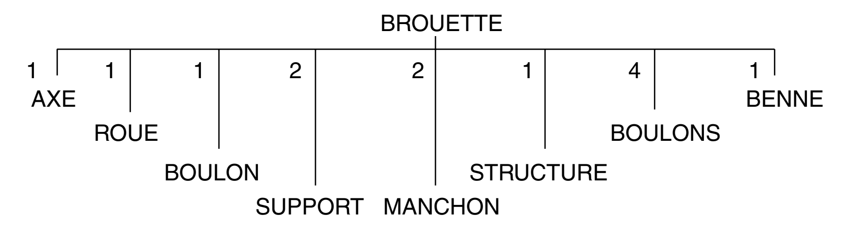


Figure 4.13 – Brouette : nomenclature râteau

Cette nomenclature n'est pas suffisamment explicite pour la fabrication car elle ne représente pas la structure complète du produit. Par contre, elle est plus facilement utilisable par le bureau d'études.

➤ *Nomenclature fonctionnelle*

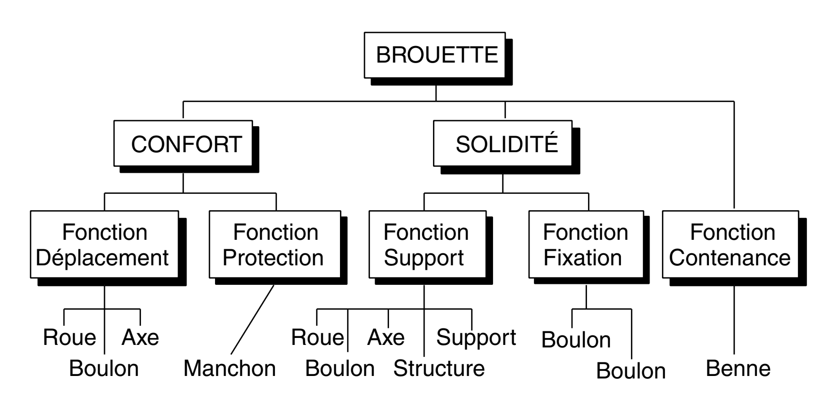


Figure 4.14 – Brouette : nomenclature fonctionnelle.

Tout concepteur, pour définir les produits, suit une démarche de conception à coût objectif (CCO). Pour cela, il décompose le produit en fonctions élémentaires suivant une démarche d'analyse de la valeur : pour chaque fonction attendue d'un produit, on étudie son coût afin de faire les choix de conception.

La nomenclature fonctionnelle est la représentation type du bureau d'études. Les nœuds de ce type de nomenclature représentent les fonctions réalisées par le produit et correspondent rarement à des composants discrets.

➤ *Nomenclature d'approvisionnement*

Cette nomenclature n'existe que dans certaines entreprises. De plus, elle est en voie de disparition avec l'utilisation des progiciels de GPAO. Nous la trouvons dans quelques services d'approvisionnement lorsque l'on cherche, lors de la passation des commandes, à regrouper des achats chez un même fournisseur ou, au contraire, lorsque l'on cherche à repartir les achats d'un même composant sur plusieurs fournisseurs.

Les nœuds représentent alors les fournisseurs des composants et il est possible d'indiquer qu'un même composant est disponible chez plusieurs fournisseurs.

➤ *Nomenclature de fabrication*

Cette nomenclature représente le graphe de flux de production. Les nœuds représentent les états d'avancement de la fabrication. Cette nomenclature peut s'apparenter à une représentation graphique de la gamme de fabrication (exemple PERT). Elle est utilisée aux méthodes ou à l'ordonnancement (pour le lancement en fabrication).

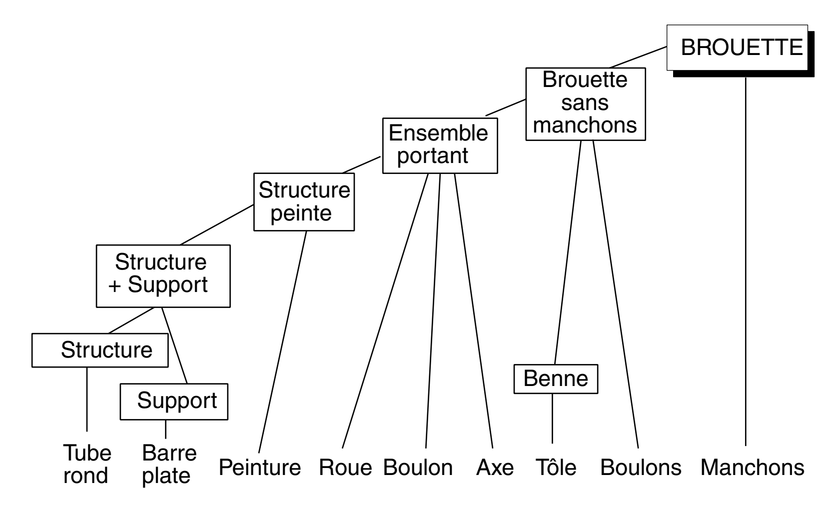


Figure 4.15 – Brouette : nomenclature de fabrication.

➤ *Nomenclature de gestion de production*

Les nœuds représentent des composants gérés en stock. Cette nomenclature est définie à partir de la nomenclature de fabrication : à chaque étape du graphe de fabrication il faut rechercher si celle-ci représente un produit qui doit être géré en stock.

Le problème consiste à déterminer le nombre idéal de niveaux de nomenclature compte tenu qu'il faut :

- suffisamment de niveaux pour avoir une description la plus fine possible du produit ;

- le moins de niveaux possibles pour :
  - diminuer les temps de calcul des besoins en composants (nombre de passes MRP - voir explication des calculs dans les chapitres suivants) ;
  - diminuer le nombre de références à gérer en stock.

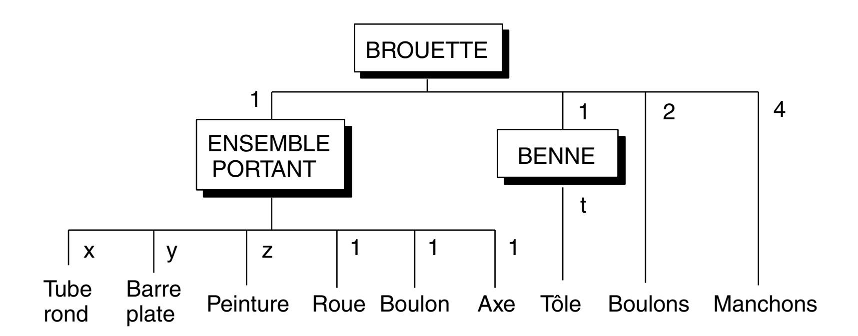


Figure 4.16 – **Brouette : nomenclature de gestion de production.**

➤ *Vers une seule nomenclature*

Dans une entreprise, le même produit peut être vu de 5 manières différentes suivant les services intéressés ; il s'en suit un problème de mise à jour de ces nomenclatures suite à une modification. De plus, les progiciels de GPAO ne savent gérer qu'une seule nomenclature : la nomenclature de gestion de production.

Il est donc nécessaire de tendre vers une seule nomenclature de définition des produits dans l'entreprise. Cette nécessité entraîne quelques heurts entre les services mais c'est la condition *sine qua non* pour avoir des données techniques fiables.

4.7.3 La nomenclature en GPAO

Les liens de nomenclature. Dans un système de GPAO, on ne décrit jamais complètement un produit fini : on indique les décompositions d'un produit (ensemble ou sous-ensemble) au niveau immédiatement inférieur. Cette méthode permet de ne décrire qu'une seule fois les sous-ensembles communs à plusieurs produits.

Un lien de nomenclature est le trait qui relie un article à l'un de ses composants créant ainsi une relation entre un composant et un composé. À chaque lien est affecté un coefficient indiquant le nombre de composants identiques entrant dans le composé. Ce nombre peut être entier dans le cas d'assemblage d'éléments discrets, ou fractionnaire dans le cas d'utilisation de matières premières.

Exemple : ensemble portant – roue – (1)

➤ *Représentation d'une nomenclature*

Afin de pouvoir transmettre la composition des produits, il est nécessaire de pouvoir visualiser ou éditer sa nomenclature.

– *Représentation à un niveau* : elle donne, pour un produit demandé, la liste des composants de niveau immédiatement inférieur.

Exemple : ensemble portant

. 1. Tube rond
. 1. Barre plate
. 1. Peinture
. 1. Roue
. 1. Axe
. 1. Boulons

– *Représentation multiniveaux* : elle donne, pour un produit demandé, la liste hiérarchisée de tous ses composants jusqu'au niveau le plus bas, c'est-à-dire jusqu'aux composants ne pouvant plus être décomposés.

Exemple : brouette

. 1. Ensemble portant
… 2. Tube rond
… 2. Barre plate
… 2. Peinture
… 2. Roue
… 2. Axe
… 2. Boulons
. 1. Benne
… 2. Tôle
. 1. Boulons
. 1. Manchons

➤ *Le « cas d'emploi »*

Lorsque nous devons remplacer un composant par un autre, il est particulièrement intéressant de savoir dans quel sous-ensemble de niveau supérieur ou dans quel produit fini celui-ci est utilisé.

– *Cas d'emploi à un niveau* : il permet de connaître, pour un composant donné, dans quels composés il entre au premier niveau.

Exemple : tôle

. 1. Benne

– *Cas d'emploi multiniveaux* : il permet de connaître, pour un composant donné, la liste hiérarchisée des composés dans lesquels il est employé.

Exemple : tôle

. 1. Benne
… 2. Brouette

➤ *Cas des nomenclatures divergentes*

La valeur indiquant la quantité de composants entrant dans la réalisation d'un produit est le plus souvent positive. Nous sommes alors en présence d'un produit de structure convergente. Dans le cas des produits de structures divergentes, la valeur est alors négative. Nous verrons ultérieurement, lors de l'explication du calcul des besoins de type MRP0, que cette solution permet de pouvoir appliquer la logique de calcul à tout type de produit.

4.8 L'importance des études dans l'entreprise

4.8.1 La réactivité

Aujourd'hui, la survie des entreprises dépend de leur capacité à répondre à la demande et encore plus de leur capacité à alimenter le marché en produits nouveaux. Elle doit donc être très réactive et avoir une politique agressive en termes de développement de produit.

Il est possible de définir la réactivité par la composition de deux réactions :

- la réactivité temporelle liée aux délais de prise en compte d'un marché ;
- la réactivité exécutionnelle liée à la rapidité de mise sur marché.

Plus précisément, ces deux réactivités peuvent être définies par :

- **Réactivité temporelle** : c'est le délai qui existe entre le début d'un besoin et le début de la production (noté ③ dans les figures 4.16 et 4.17). Une entreprise se doit de répondre dans les plus brefs délais aux besoins d'un client. C'est aussi le temps de réaction qui existe entre le moment où la demande se fait ressentir, et le moment où l'entreprise prend conscience de l'existence de cette demande.
- **Réactivité exécutionnelle** : c'est la rapidité de la production lorsque l'entreprise a pris conscience du marché qui existe (noté ④ dans les figures 4.16 et 4.17). C'est en fait le délai entre la prise de conscience de la demande et la sortie du premier produit sur le marché.

Ainsi une entreprise est réactive si elle prend conscience rapidement de l'existence d'un marché potentiel, et si elle est capable rapidement d'y faire face tout en conservant une grande compétitivité (c'est-à-dire les prix les plus bas possibles tout en conservant une grande qualité, ce qui est généralement contradictoire).

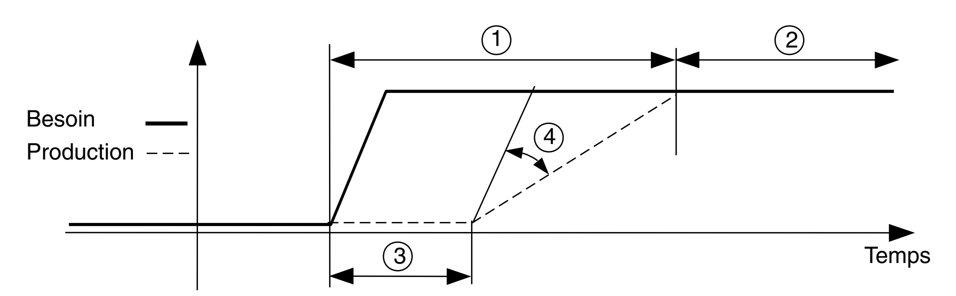


Figure 4.17 – **Cas de mauvaise réactivité temporelle et de mauvaise réactivité exécutionnelle.**

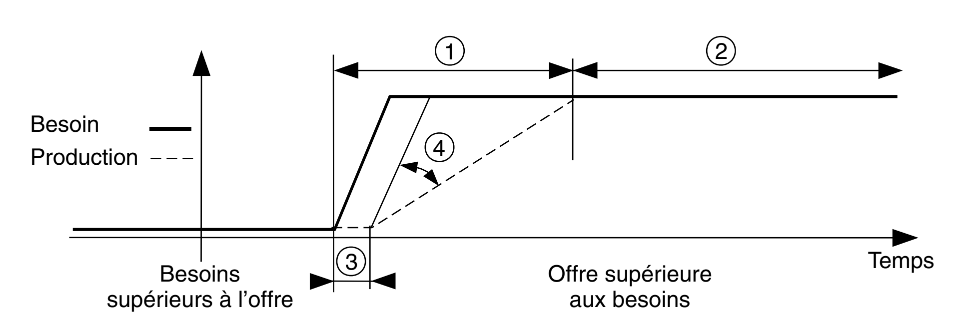


Figure 4.18 – **Cas de bonne réactivité temporelle et de mauvaise réactivité exécutionnelle.**

À l'époque où la durée de vie des produits diminue tandis que leur délai de développement augmente, la maîtrise du temps devient une arme stratégique pour pouvoir continuer la croissance et donc assurer la survie de l'entreprise. Dans cette maîtrise du temps, le fait d'être plus rapide que ses concurrents en termes de conception et de lancement de nouveaux produits est un avantage considérable.

4.8.2 Impact sur les coûts

Il n'est plus pensable, aujourd'hui de concevoir des produits en ignorant leur processus de fabrication. Très souvent on peut noter que, compte tenu des choix de conception, la complexité d'un produit croit régulièrement dès la première phase de fabrication et l'affectation du produit fini est souvent irréversible. Le graphe ci-dessous, montre bien que l'essentiel des dépenses est déterminé dès la conception du produit. Une bonne conception, visant à retarder le plus possible les décisions d'engagement des coûts peut donc se traduire par des économies significatives pour l'entreprise.

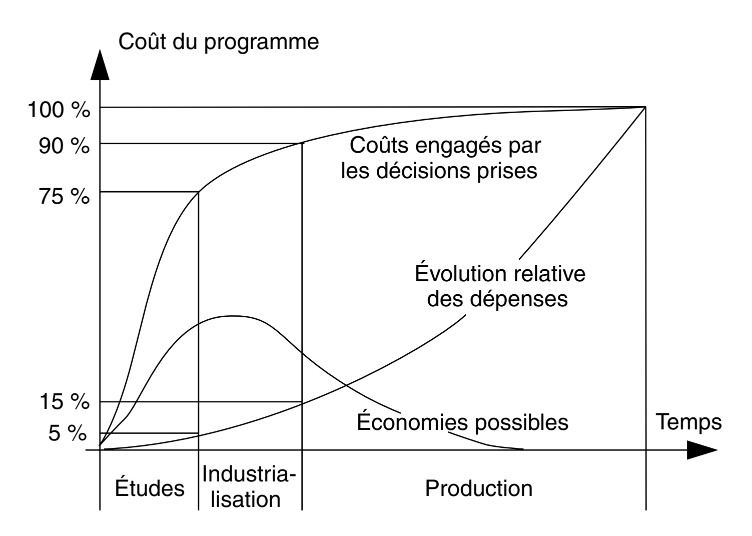


Figure 4.19 – **Courbe d'évolution des coûts.**

Une bonne conception des produits peut pallier à ces inconvénients. Il faut chercher à mettre en évidence des familles de produits ayant un maximum de pièces communes. Le lancement se fera alors par familles entières de produits et l'introduction des pièces spécifiques se fera le plus tardivement possible.

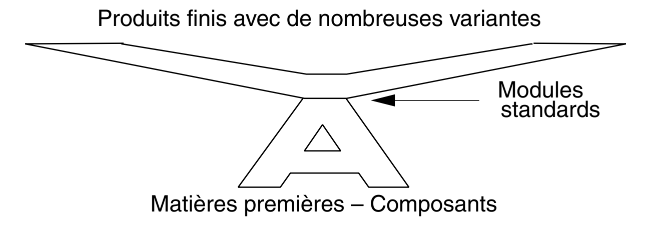


Figure 4.20 – **Modélisation des produits à variantes.**

Les produits finis commandés seront réalisés, avec le minimum de travail et la plus grande flexibilité, à coût et délai les plus réduits possible, par association ou personnalisation des modules standards disponibles.

4.8.3 Impact sur les risques

Nous avons vu précédemment que la marge de temps dont dispose une entreprise pour un client est égale à la différence entre le délai commercial et le délai de production.

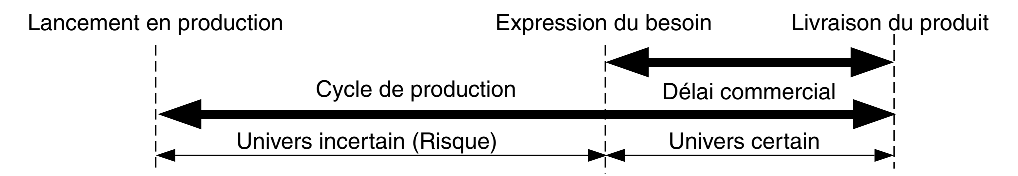


Figure 4.21 – Comparaison des délais.

Si cette marge est positive, l'entreprise ne lance en fabrication que des produits correspondants à des commandes fermes. Par contre, si elle est négative, l'entreprise doit lancer en fabrication des produits dont elle n'a pas encore de commande. La marge représente alors la zone d'incertitude de l'entreprise. Celle-ci devra être minimisée soit en diminuant les cycles de fabrication soit en retardant le plus possible la différenciation des produits.

4.8.4 Ingénierie simultanée (*Concurent Engineering*)

Il n'est donc plus possible de concevoir les produits suivant une logique taylorienne (conception, industrialisation, méthode) mais il faut de plus en plus avoir recours à une conception produit/processus, actuellement appelée « ingénierie simultanée ». Contrairement

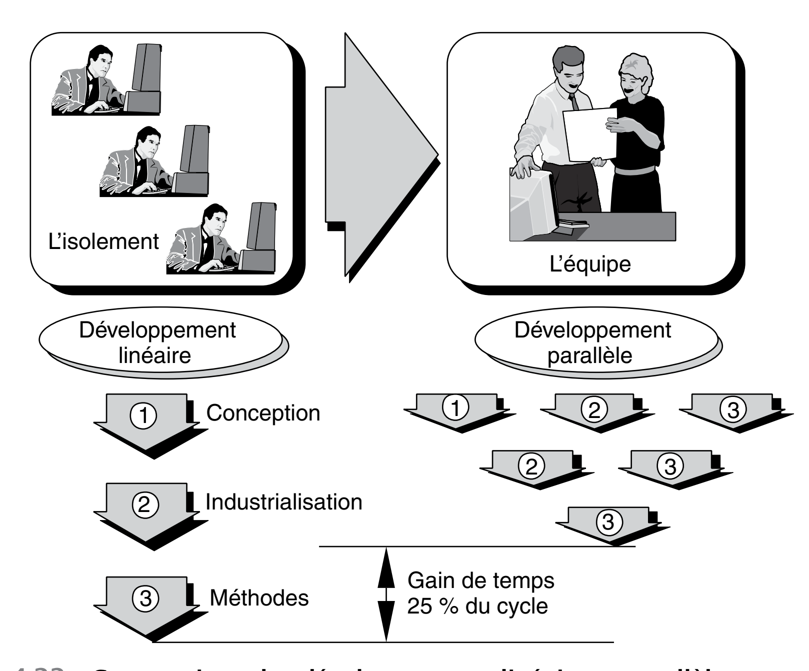


Figure 4.22 – Comparaison des développements linéaire et parallèle en conception.

au modèle séquentiel, cette approche se caractérise par un chevauchement des étapes du cycle de développement et une prise en compte de tous les acteurs de l'entreprise concernés par le produit (exemple le projet Twingo) permettant, ainsi, d'accélérer le processus de développement des nouveaux produits.

Conséquences. Il n'est plus pensable, aujourd'hui de concevoir des produits en ignorant leur processus de fabrication.

Une bonne conception, visant à retarder le plus possible les décisions d'engagement des coûts peut se traduire par des économies significatives pour l'entreprise.

4.8.5 Conception des produits en liaison avec la GPAO

Nous venons de voir qu'il ne fallait plus concevoir les produits suivant une logique taylorienne mais il faut chercher à avoir une conception produit/processus. Il faut également prendre en compte les données de gestion de production lors de la conception de produits. En effet, combien de concepteurs ont à cœur de concevoir la pièce ou le mécanisme le mieux adapté sans se soucier de ce qui a déjà été fait dans l'entreprise (existants en stock, pièces similaires…).

Dans un souci d'amélioration des performances de l'entreprise il devient indispensable de relier le système de conception des produits (CAO ou procédures manuelles) et la gestion de production afin d'utiliser au maximum les produits déjà existants dans l'entreprise lors de la conception de nouveaux produits. Cela implique surtout un changement de mentalité dans le comportement des concepteurs.

LA FONCTION « PRODUCTION »

5

5.1 LA PRODUCTION

5.1.1 Définitions

a) Objectif

La fonction production est l'opération de transformation de matières premières ou de composants en produits qui ont une valeur sur le marché, conformément au processus de fabrication établi par la fonction « méthodes ».

Les activités de production peuvent prendre différentes formes ne permettant pas de généraliser facilement cette fonction. Nous pouvons rappeler, à cet effet, ce que nous avons vu dans le premier chapitre ; la production peut :

- être continue ou discontinue ;
- être unitaire, par lot ou de masse ;
- concerner des fabrications à la commande, pour stockage ou mixtes.

Il est également possible, au stade de la production, de différencier les fabrications par leur finalité (usinage, assemblage, usinage-assemblage).

Dans la suite de l'ouvrage, nous nous intéresserons plus particulièrement aux entreprises de production discontinue qui représentent la plus grande partie des entreprises manufacturières.

b) Le flux de production

Les activités de production peuvent être comprises comme des réseaux de processus élémentaires et d'opérations ayant pour finalité la réalisation des produits. Le processus global de production consiste donc en un flux continu dans lequel des matières premières sont transformées progressivement en produits finis.

Les opérations du processus de fabrication peuvent être réparties en trois catégories utilisant chacune des moyens bien spécifiques :

- opérations de production ;
- opérations de magasinage ;
- opérations de transport.

5.1.2 Moyens de production

Définition

Ensemble des moyens permettant la transformation des matières premières ou des composants en vue de l'obtention des produits.

Exemple : tour, montage, câblage, contrôle…

a) Poste de travail

C'est une machine ou un endroit aménagé spécifiquement où peut être exécutée une opération donnée. Un poste est défini par :

- une activité : suivant son type d'activité, le poste sera un poste de fabrication, de contrôle, de manutention… ;
- un aménagement et un outillage nécessaire ;
- une description de la compétence de l'opérateur.

b) Moyen traditionnel

De tout temps l'homme a cherché à s'aider d'outils pour accomplir des travaux très variés. Ces outils ont évolué dans le temps et bon nombre d'entre eux font actuellement appel à des techniques d'automatique ou d'informatique. Nous appellerons moyen traditionnel, un outil plus ou moins sophistiqué permettant d'effectuer un travail de base sans avoir recours à un automatisme.

c) Machine transfert

Le premier souci d'un chef de fabrication, dans les années 50, était de réaliser des gains de productivité. Pour cela, le premier réflexe a été de constituer des lignes de fabrication dans lesquelles les opérations de montage de démontage, d'usinage et de manutention s'enchaînent de façon automatique. Ces machines, ou lignes transfert, ont permis de sérieux gains de productivité mais présentent l'inconvénient de manquer de souplesse et d'être d'un coût prohibitif. Il est donc nécessaire, dans ce cas, d'avoir des très grandes séries de pièces afin de pouvoir amortir la ligne sur le temps de fabrication de la série.

d) Machines à commande numérique

La recherche de gain de productivité sans perte de flexibilité a permis le développement des machines à commande numérique.

À l'origine, l'idée est venue d'automatiser une machine-outil pour réaliser une pièce très complexe. Cette idée a été ensuite reprise pour des fabrications de grande précision et en grande série.

Cette technique consiste à commander les mouvements d'une machine-outil à l'aide d'un système électrique de commande appelé « directeur de commande numérique ». Les ordres de commande sont obtenus par programmation et transmis à la machine-outil, le plus souvent, par l'intermédiaire d'un support magnétique. La programmation de l'usinage sur une telle machine nécessite :

- une définition géométrique de la pièce à usiner ;
- une définition de l'usinage : définition des outils, des trajectoires d'outils et des conditions de coupe (vitesse, épaisseur de la passe).

L'évolution de la technologie a permis de voir successivement :

➤ *La CN (commande numérique)*

Le directeur de commande est une armoire avec un mécanisme câblé. C'était, très souvent, des mécanismes très sophistiqués d'une fiabilité très aléatoire et d'un prix de revient très élevé.

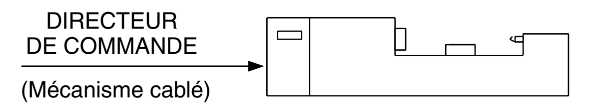


Figure 5.1 – **La CN (commande numérique).**

➤ *La CNC (commande numérique avec calculateur)*

Grâce à une meilleure maîtrise de la technique et à l'apparition des minicalculateurs, les concepteurs de ces machines ont eu idée de remplacer le directeur de commande en logique câblée par un minicalculateur industriel. Cette technique a permis, non seulement un abaissement des coûts de réalisation de ce type de machine mais également une augmentation de la souplesse d'évolution et de programmation de la machine.

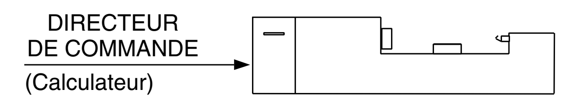


Figure 5.2 – **La CNC (commande numérique avec calculateur).**

➤ *La DNC (commande numérique directe)*

Du fait de l'augmentation de la fiabilité des matériels, il est apparu très vite le besoin de relier plusieurs machines entre elles pilotées par un ordinateur industriel de commande. Celui-ci pilote simultanément plusieurs machines-outils, soit directement, soit par l'intermédiaire des directeurs de commande de chaque machine. Partant, au départ, d'un rôle de coordination du fonctionnement des machines, cet ordinateur industriel a de plus en plus un rôle de gestion des moyens associés en liaison avec la gestion de production.

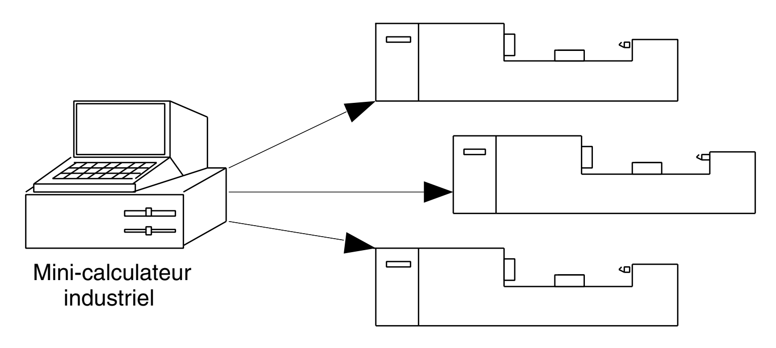


Figure 5.3 – **La DNC (commande numérique directe).**

e) Centre d'usinage

Un centre d'usinage, résultat du développement des machines-outils à commande numérique, est une machine-outil qui rassemble les fonctions des fraiseuses, des perceuses et des

aléseuses. Un centre de tournage assure intégralement le tournage de pièces complexes sans démontage ou intervention de l'opérateur.

5.1.3 Organisation de production

a) Objectif

Compte tenu de l'importance des manutentions dans les coûts et dans les délais de production, il apparaît nécessaire de définir une implantation géographique des moyens de magasinage et de production qui fournit la meilleure cohérence entre la fabrication et les manutentions. Suivant la nature des produits et des flux de production, il est possible d'envisager des implantations basées sur les déplacements des opérateurs ou des implantations basées sur le déplacement des produits.

b) Déplacement des opérateurs

➤ *Implantation d'atelier en position fixe*

Le produit a une position fixe et ce sont les opérateurs qui se déplacent sur le lieu de travail. Cette implantation est caractéristique de la fabrication de produits de taille ou de poids important (aéronautique, construction navale…) et d'ouvrages d'art (bâtiment, génie civil…). Dans ce dernier cas, ce type d'implantation est quelquefois nommé « en disposition de travaux ».

Pour la réalisation du produit, la main-d'œuvre se déplace et amène avec elle les composants ou les matières nécessaires.

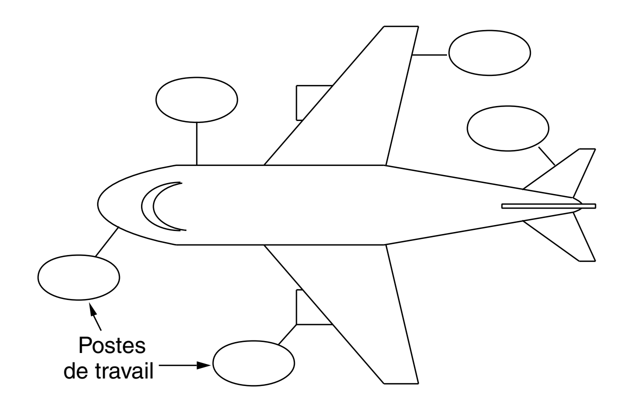


Figure 5.4 – **Implantation d'atelier en position fixe.**

c) Déplacement des produits

➤ *Implantation d'atelier aléatoire*

Les postes de travail sont disposés dans l'atelier de façon aléatoire. Nous trouvons ce genre d'implantation dans les petites industries qui se sont développées progressivement ; l'implantation des postes s'effectue souvent, dans ce cas, en fonction de l'évolution de l'entreprise et de la place disponible.

Il n'est pas rare de voir, également, une implantation des machines en fonction du trajet suivi par les visiteurs et les clients : les machines les plus modernes à proximité des couloirs de circulation.

Dans ce type d'entreprises, il en résulte souvent une grande perte de temps dû au transfert désordonné des produits dans l'atelier.

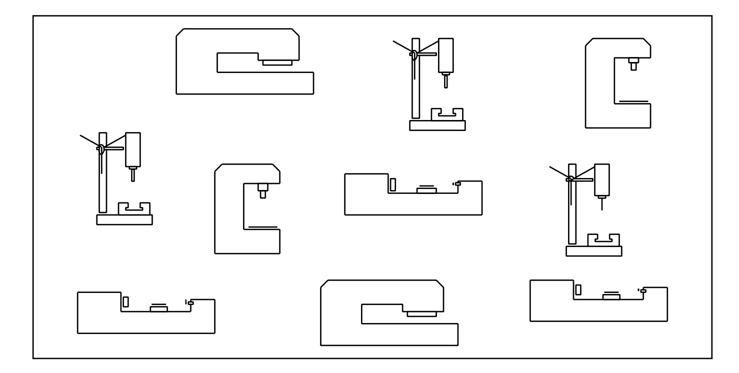


Figure 5.5 – Implantation d'atelier aléatoire.

➤ *Implantation d'atelier en processus*

Une première idée d'organisation consiste à regrouper les équipements ou les compétences par type de processus de production.

Exemple : débit, tour, assemblage…

Le produit circule entre tous ces regroupements de machines en fonction de son processus d'élaboration. Il est possible, alors, d'être conduit à traverser toute l'usine pour amener les pièces du magasin au lieu de production. Il en résulte des délais de transfert importants et donc un gaspillage de temps. L'analyse de Carter que nous avons déjà citée a montré que c'est dans ce type d'organisation, les temps interopératoires représentent jusqu'à 95 % du cycle moyen d'une pièce dans l'atelier. Pourtant, 70 à 80 % des entreprises sont organisées de cette manière.

Cette organisation appelée quelquefois « job-shop » est plus connue sous le nom d'organisation par sections fonctionnelles, par sections homogènes ou par ateliers technologiques.

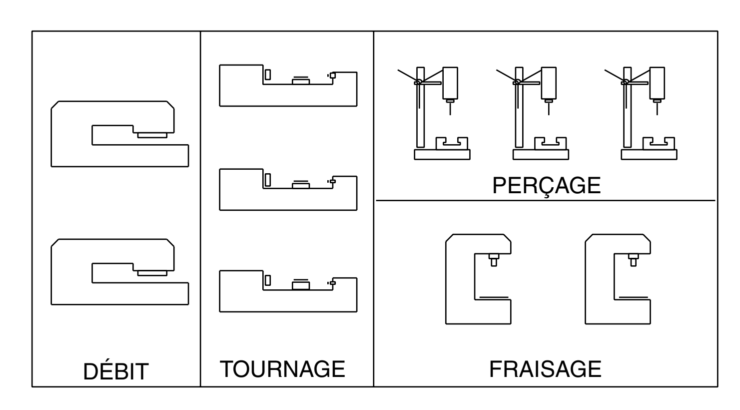


Figure 5.6 – Implantation d'atelier en processus.

➤ *Implantation d'atelier à débit de produit*

Le produit en cours de fabrication est déplacé par un transporteur (tapis roulant ou moyen similaire) d'un poste de travail à l'autre et est progressivement fabriqué. Ce type d'organisation, qui convient à une production de masse, manque relativement de flexibilité. Dans ce type de disposition, il est principalement recherché un bon équilibrage de la vitesse de circulation des produits compte tenu des temps de travail à chaque poste et de leur implantation géographique. Cette organisation est appelée quelquefois « flow-shop ».

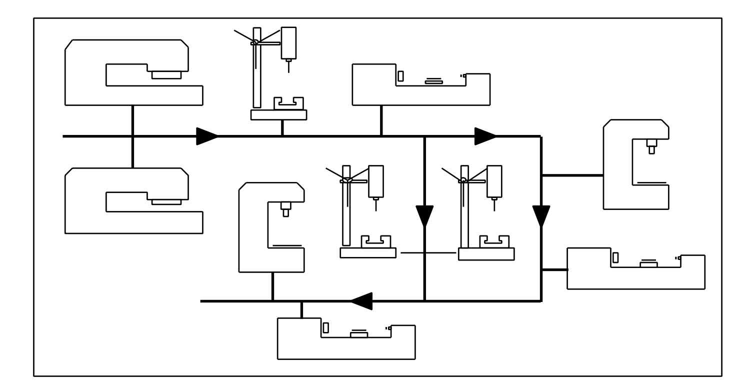


Figure 5.7 – **Implantation d'atelier à débit de produit.**

Par extension, ce type d'organisation est utilisé lorsque l'on cherche à mettre en œuvre les outils du Juste A Temps, comme le Kanban, et à avoir des lignes de produit. L'automatisation des moyens de transfert n'est plus alors le maître mot, mais on vise principalement à diminuer les temps interopératoires en rapprochant les postes de travail qui s'enchaînent naturellement.

➤ *Implantation d'atelier en îlots*

Lorsque l'atelier permet la fabrication de produits de natures relativement différentes, il est possible de regrouper les machines en ensembles de fabrication spécialisés par type de produits. Ces ensembles s'appellent des îlots et peuvent être disposés eux-mêmes suivant les trois types d'organisation décrits précédemment.

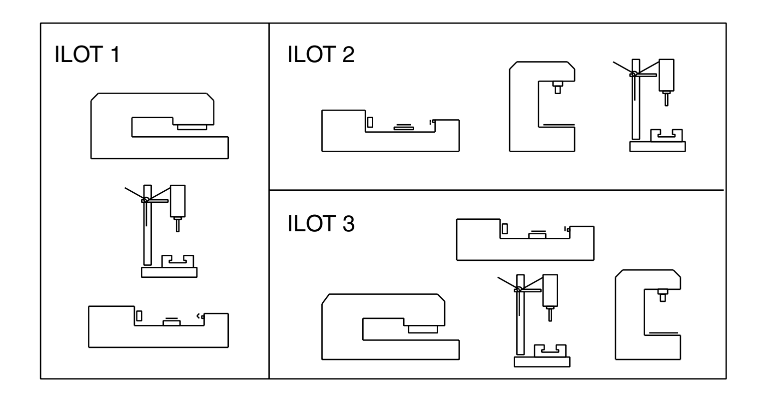


Figure 5.8 – **Implantation d'atelier en îlots.**

d) Extension de la notion d'îlots à l'entreprise

Dans les années de forte croissance économique, on a souvent constaté un fort développement des entreprises où il était courant de compter le nombre d'employés par milliers. Il s'en est généralement suivi une mise en place d'organisations lourdes imposant des procédures administratives importantes. De nos jours, les grosses entreprises se structurent en centres de profits, appelés quelquefois îlots ayant chacun une certaine autonomie et s'apparentant à des micro-entreprises. Ces îlots communiquent entre eux comme le feraient plusieurs entreprises différentes et sont organisés suivant une des dispositions vue ci-dessus.

Certaines entreprises vont jusqu'à mettre en concurrence leurs propres centres de profit avec les autres entreprises du marché afin d'obtenir les meilleures conditions de compétitivité. Cette approche a le grand avantage d'impliquer une très grande motivation du personnel, les marchés n'étant pas acquis *a priori*.

5.1.4 Les ateliers flexibles

a) La flexibilité

Définition

Ce mot est très à la mode de nos jours. La flexibilité peut être définie comme l'aptitude à répondre à une variation de la demande. Elle peut être vue sous l'angle des employés, des produits ou de l'élaboration des produits.

➤ *Flexibilité des emplois*

Passant sur l'arsenal de procédures à la disposition d'un chef d'entreprise permettant une flexibilité des emplois (heures supplémentaires, contrat à durée déterminée…), on peut évoquer la flexibilité des temps de travail :

- Au niveau de l'employé : beaucoup d'entreprises ont adopté l'horaire flexible. Il comporte des plages fixes et des plages variables, l'horaire contractuel pouvant être atteint durant une période relativement courte (généralement la semaine).
- Au niveau de l'entreprise : pour s'adapter à un marché fortement saisonnalisé et à des conditions climatiques très marquées, certaines entreprises modifient l'horaire contractuel hebdomadaire en fonction de la période de l'année, s'engageant à appliquer la moyenne légale sur une longue période.

Exemple : une entreprise implantée en montagne et fabriquant des équipements de sport d'hiver pourrait travailler (sur une base de 35 heures) :
– 40 h/semaine pendant la période d'été (période de grande production) ;
– 30 h/semaine pendant la période d'hiver.

➤ *Flexibilité des produits*

Cette flexibilité caractérise la réponse de l'entreprise aux besoins du marché. L'entreprise peut proposer :

- une flexibilité de variantes : l'entreprise fabrique un même produit avec des variantes (Rappel : une variante est une fonction dont le choix est obligatoire alors qu'une option est une fonction dont le choix n'est pas obligatoire) ;

Exemple : en automobile, pour une même voiture
variante : couleur, motorisation…
option : toit ouvrant…

- une flexibilité de type : l'entreprise fabrique différents produits de même type ;

  Exemple : en électroménager, une entreprise peut proposer des réfrigérateurs de 100 litres, 150 litres… et des congélateurs.

- une flexibilité de produits : l'entreprise fabrique des produits très différents ;

  Exemple : en électroménager, une entreprise peut proposer des réfrigérateurs, des fours, des aspirateurs…

➤ *Flexibilité dans l'élaboration des produits*

Cette flexibilité s'applique au mode de fabrication des produits dans l'entreprise. Nous pouvons avoir :

- une flexibilité de transformation : le système de production, spécialisé pour un produit, peut être adapté rapidement, sans trop de modifications, à une autre fabrication. Cette flexibilité concerne aussi bien des lignes d'usinage que des lignes de montage ;
- une flexibilité au sens large : le système de production peut servir, simultanément, pour des fabrications de produits très différents.

b) Cellule flexible de fabrication

Le développement de la DNC et son extension aux moyens de transfert ont permis d'envisager l'automatisation de la liaison des moyens de production et des robots de manutention.

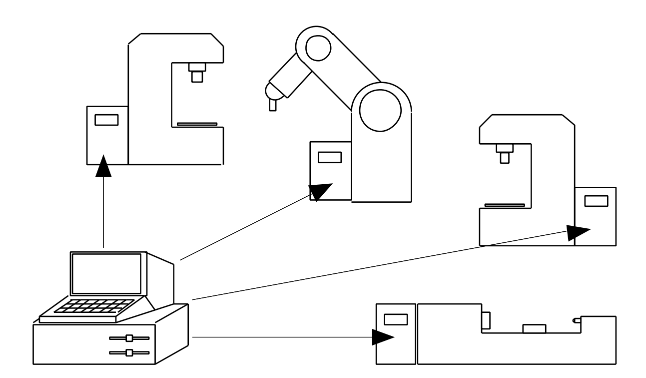


Figure 5.9 – Cellule flexible de fabrication.

Une cellule flexible de fabrication est donc un ensemble de machines-outils à commande numérique desservies par un, ou plusieurs, robot(s) qui assure(nt) le transfert des pièces.

c) Problème des entreprises

➤ *Dilemme « flexibilité-productivité »*

Actuellement, les entreprises se trouvent confrontées au dilemme « flexibilité-productivité ». Il faut noter que lorsque l'entreprise ne fabrique que quelques produits en grande quantité, elle est tentée de mettre en place des lignes de production spécialisées. Par contre, si elle fabrique une grande variété de produits en petites quantités, elle se dotera de machines universelles, traditionnelles ou à commande numérique.

Figure 5.10 – **Dilemme « flexibilité-productivité ».**

Devant le phénomène de mode d'un côté et le besoin d'augmentation de la productivité de l'autre, ces deux types d'entreprises sont conduites à revoir leurs outils de production en :

- intégrant de la flexibilité dans leurs lignes de production ;
- regroupant des machines en îlots de fabrication ou en cellules flexibles de fabrication.

Il faut noter que, dans les deux cas, cela conduit l'entreprise à implanter des moyens automatiques (machines, robots…) dans leur système de production. Cette mutation ne se fait pas du jour au lendemain car très souvent cela implique une « dérobotisation des compagnons » (évolution de la culture industrielle et une augmentation de la compétence des employés).

5.1.5 Outils d'amélioration de la production

a) Le SMED (Single Minute Exchange of Die)

Objectif. L'obstacle principal à la flexibilité de la production est la durée des temps de changements de série, ceux-ci sont généralement longs et compliqués et nécessitent des ouvriers hautement qualifiés. Dans un premier temps, les entreprises ont cherché à minimiser l'influence de ces temps sur la production en produisant de grandes séries afin de ne pas changer trop souvent de réglages. Malheureusement, ce système implique des stocks importants et une lourdeur dans la production qui, admise progressivement, interdisait toute flexibilité.

La demande, de plus en plus diversifiée des clients dans un marché de plus en plus concurrentiel, impose maintenant à l'entreprise de répondre le plus rapidement possible avec un minimum de stock. La solution des grandes séries est donc révolue.

Justification. L'utilisation de la formule de Wilson pour calculer la taille des séries économiques de lancement en fabrication (voir explication détaillée chapitre 2) montre que la quantité de fabrication est proportionnelle au coût de lancement qui est lui-même proportionnel au temps de changement d'outils.

Pour une réduction de 50 % des temps de changement de séries, la taille du lot de fabrication passe à 70 % environ de la quantité économique initiale, alors qu'une réduction de 75 % la ramène à 50 %.

Chercher à diminuer la taille des lots de fabrication revient donc à diminuer les temps de changement de séries.

Principe. Partant du constat précédent, Shingeo Shingo a proposé une démarche, nommée SMED, à l'usine Mazda d'Hiroshima visant à diminuer les temps de changement de séries.

Après analyse du processus de changement de séries, on peut constater que celui-ci est composé

- d'opérations internes : opérations nécessitant un arrêt de la machine et donc, de ce fait, un arrêt de la production ;
- d'opérations externes : opérations qui peuvent être réalisées lorsque la machine est en marche, donc tout à fait transparentes pour la production.

Le principe est donc tout à fait simple :

Réduire les opérations internes au strict minimum

d'où la traduction du SMED en « changement d'outils en moins de 10 minutes ». L'étape ultime étant l'OTED (One Touch Exchange of Die), le changement immédiat.

Démarche. Pour développer une démarche SMED dans l'entreprise, il faut commencer par analyser la situation actuelle (le POURQUOI ?), afin de choisir le secteur le plus urgent à améliorer et de mettre en œuvre la méthodologie (le COMMENT ?). Cette dernière comporte 4 étapes :

- Étape 0 : observer ce qui se passe pour déterminer avec précision le temps pris pour chacune des opérations du changement de fabrication.
- Étape 1 : séparer les opérations internes et externes.
- Étape 2 : transformer le maximum d'opérations internes en opérations externes.
- Étape 3 : rationaliser les réglages et les fixations.

b) Les 5 S

Un travail efficace et de qualité nécessite un environnement propre, de la sécurité, et de la rigueur. La méthode « 5 S » est une méthode fondamentale d'amélioration et d'organisation portant sur les comportements et les règles de vie de base dans l'atelier. Elle est, sans doute l'une des premières à engager dans la recherche d'efficacité.

Son nom lui vient des initiales de 5 mots japonais, « Seiri », « Seiton », « Seiso », « Seiketsu » et « Shitsuke », que l'on peut traduire par « débarrasser », « ranger », « tenir propre », « standardiser » et « impliquer ».

D'apparence anodine par les concepts qu'elle véhicule, cette méthode, qui peut s'appliquer à d'autres secteurs et services que les ateliers, a des effets très opérationnels sur le terrain, mais surtout beaucoup plus profondément, dans le comportement des opérateurs. Ces effets se mesurent en termes de productivité directe, d'amélioration du taux de rendement global des ressources, de qualité des produits.

Les 5 S sont les préliminaires incontournables pour tout projet d'amélioration et par extension une bonne initiation à la qualité. Il est pertinent de former et sensibiliser les personnes à l'importance de la qualité tout en engageant un chantier 5 S.

➤ *En quoi consistent les 5 S ?*

Seiri. Trier, garder le strict nécessaire sur le poste et se débarrasser du reste. La manie d'accumuler et de garder « parce que cela peut servir » ne favorise pas la propreté et l'efficacité

d'une recherche. Le Seiri c'est trier, séparer l'utile de l'inutile, éliminer tout ce qui est inutile sur le poste de travail et dans son environnement.

Un système de classification du type ABC (A = usage quotidien, B = usage hebdomadaire ou mensuel, C = usage rarissime) permet de déterminer ce qui mérite effectivement d'être au poste de travail, ce que l'on peut en éloigner et ce dont il faut se débarrasser.

Seiton. Arranger, réduire les recherches inutiles. L'exemple typique du Seiton est le panneau d'outils. Disposer les objets utiles de manière fonctionnelle, s'astreindre à remettre en place les objets, donner un nom et une place bien définie aux outils, réaliser des accessoires et supports permettant de trouver les outils rapidement et plus largement, définir les règles de rangement.

Le Seiton peut consister à peindre les sols afin de visualiser les saletés, délimiter visuellement les aires de travail, ombrer les emplacements d'outils sur les tableaux. Le Seiton s'illustre par cette célèbre maxime « Une place pour chaque chose et chaque chose à sa place ».

Seiso. Le nettoyage régulier. Dans un environnement propre, une fuite ou toute autre anomalie se détecte plus facilement et plus rapidement. Après le premier grand nettoyage, étape obligée de l'introduction des 5 S, il faut en assurer la continuité.

Le nettoyage régulier est une forme d'inspection. Pour cela, on peut diviser l'atelier en zones avec un responsable pour chacune d'elles, nettoyer le poste de travail et son environnement (machines, sols, allées, outils…), identifier et si possible éliminer les causes de salissures, définir ce qui doit être nettoyé, les moyens pour y parvenir et la fréquence de nettoyage.

Seiketsu. Standardiser, respecter les 3 S précédents. Les 3 premiers S sont souvent exécutés sous la contrainte (hiérarchique). Afin que le maintien de la propreté et l'élimination des causes de désordre deviennent normaux, naturels, il est indispensable de les inscrire comme des règles ordinaires, des standards. Le Seiketsu aide à combattre la tendance naturelle au laisser-aller et le retour aux vieilles habitudes.

Il vaut mieux formaliser les règles et définir standards avec la participation du personnel (appropriation du projet), puis faire appliquer et respecter les règles établies aux 3 étapes précédentes. Le Seiketsu permet de simplifier la compréhension du poste et de son environnement en privilégiant les aides visuelles.

Shitsuke. Finalement, pour faire vivre les 4 premiers S, il faut surveiller régulièrement l'application des règles, les remettre en mémoire, en corriger les dérives. En instituant un système de suivi avec affichage d'indicateurs, les désormais 5 S sont assurés de continuer à vivre, mais aussi de graduellement repousser leurs limites initiales, dans une démarche d'amélioration continue, le Kaizen.

Shitsuke, le suivi, c'est aussi l'implication. Réaliser des autoévaluations, promouvoir l'esprit d'équipe, instituer des règles de comportement, mettre en place une bonne communication et valoriser les résultats obtenus car chaque étape est une petite victoire.

➤ *Conseils de mise en place*

La mise en place des 5 S s'adresse à tout le monde et doit être graduelle, nécessairement dans l'ordre : Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke.

Il faut privilégier référer des actions rapides et démonstratives à la formulation d'idées générales. Par la suite, les 5 S se révèlent à l'usage remarquablement efficaces, parce qu'elles transforment physiquement l'environnement du poste de travail et parce qu'elles agissent profondément sur l'état d'esprit du personnel, tous niveaux hiérarchiques confondus.

➤ *Quelques écueils*

Une condition essentielle au succès à long terme des 5 S est l'implication de la hiérarchie. Elle doit y attacher de l'importance, être exigeante et appliquer une pression suffisante afin que les penchants naturels de chacun ne ruinent pas les efforts initiaux et il va de soi que la hiérarchie doit se montrer exemplaire.

De plus, si les trois premiers « S » semblent évidents, les deux derniers posent très clairement la question de l'implication du personnel. Les entorses tolérées aux règles 5 S sont un poison. Car à terme elles tendent à décrédibiliser la volonté de les maintenir.

5.1.6 Méthode d'implantation d'atelier

a) Démarche générale d'implantation

➤ *Objectif*

Il est évident qu'une disposition aléatoire de l'atelier est fortement déconseillée car une bonne étude d'implantation peut permettre des gains importants dans les temps de fabrication.

Dans un premier temps, il faut chercher à implanter les points de stockage de façon à minimiser, non seulement les temps de transports des pièces aux postes de production, mais aussi les temps de déchargement ou de chargement des moyens de livraison ou de distribution.

Ensuite, il faut chercher à disposer les postes de travail de façon à minimiser les temps de transfert des produits entre ces postes. Il n'y a pas « une bonne solution » d'implantation d'atelier mais il existe plusieurs types d'organisation permettant d'intégrer les contraintes de production, de gestion et d'organisation des services.

➤ *Détermination des processus de production*

Cette étape consiste à déterminer les familles de pièces qui sont réalisées dans le système de production. Cette analyse peut être faite par analyse de la demande du marché et/ou par une analyse de type technologie de groupe. À chaque famille correspond une gamme de réalisation caractéristique.

➤ *Analyse des processus*

Plusieurs techniques permettent de déterminer l'implantation de l'atelier. Elle se regroupe en deux grandes familles : celles qui recherchent à optimiser les échanges entre les postes et celles qui conduisent à une mise en ligne des moyens (nous ne présenterons, ici, la méthode la plus connue de chaque famille : la méthode des chaînons et la méthode des gammes fictives).

➤ *Implantation théorique*

Cette étape consiste à déterminer, sur une trame architecturale, la position des postes de travail sans se soucier de leurs implantations réelles. Il sera plus particulièrement privilégié l'analyse des communications entre les postes.

➤ *Prise en compte des contraintes techniques*

L'implantation théorique peut nous fournir plusieurs solutions acceptables. Cette étape consiste à choisir l'implantation la mieux adaptée en fonction de contrainte de génie civil (localisation des services, surfaces disponibles, emplacement des allées…) et/ou de choix technologiques (mise en place de convoyeurs partageables…).

b) Méthodes d'implantation

Il existe plusieurs méthodes d'implantation d'atelier qui privilégient, chacune d'entre elles, un type d'implantation.

- Méthode d'implantation générale : la plus connue est la méthode des chaînons. Cette méthode n'est pas dédiée à un type particulier d'implantation, mais vise à répartir les postes de travail en évitant, dans la mesure du possible, les croisements de flux et en cherchant à avoir des distances constantes de transfert entre les postes.
- Méthode de mise en ligne de production : la plus connue est la méthode des gammes fictives. Cette méthode vise à disposer les moyens de production de telle façon que le flux de production est toujours dirigé dans une direction donnée.
- Méthode de mise en îlot de production : il existe plusieurs méthodes matricielles ayant cet objectif (méthode de Mac Cormick, algorithme GPM…). De nombreuses études sont menées sur ce sujet et il n'y a pas de méthode qui sort vraiment du lot.

c) Méthode des chaînons

Définition

Un chaînon représente un chemin faisant l'objet de manutentions réellement exécutées entre deux postes de travail. Un poste de travail possède autant de chaînons qu'il existe de postes de travail avec lesquels il échange des pièces.

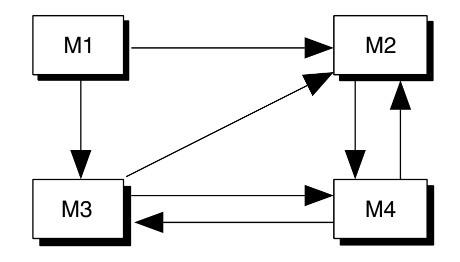


Figure 5.11 – Représentation d'un chaînon.

Dans notre exemple :

- M1 possède 2 chaînons,
- M2 en possède 3…

Une liaison caractérise le trafic sur un chaînon exprimé en nombre de manutentions par unité de temps.

➤ *Détermination des processus de production*

L'analyse de la production d'un atelier nous donne l'échantillon représentatif suivant :

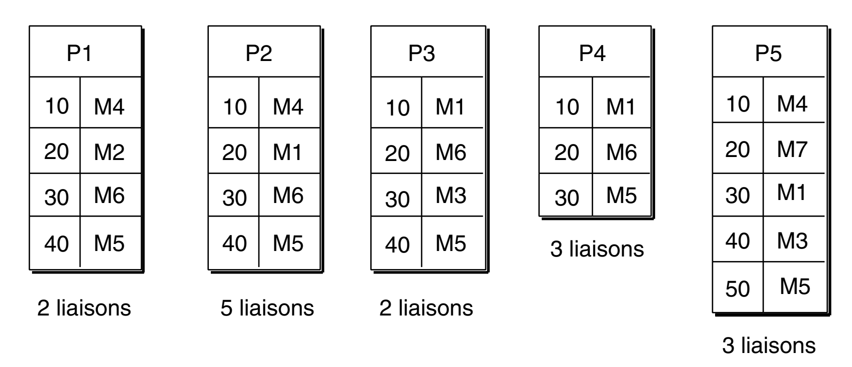
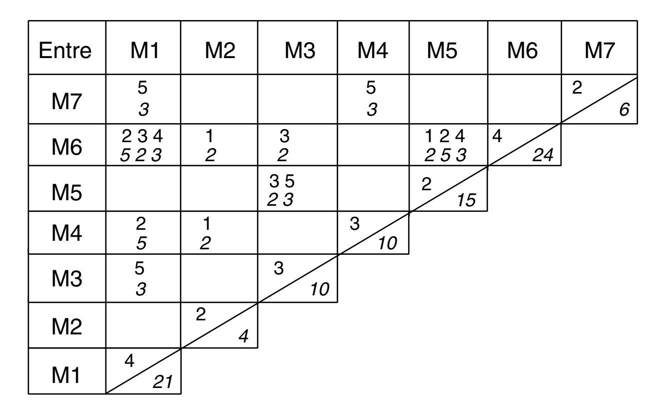


Figure 5.12 – **Exemple de processus d'étude.**

➤ *Analyse des processus*

Cette étape consiste à renseigner un tableau des chaînons à double entrée suivant :



Entre	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
M7	5 *3*			5 *3*			2 *6*
M6	2 3 4 *5 2 3*	1 *2*	3 *2*		1 2 4 *2 5 3*	4 *24*	
M5			3 5 *2 3*		2 *15*		
M4	2 *5*	1 *2*		3 *10*			
M3	5 *3*		3 *10*				
M2		2 *4*					
M1	4 *21*						

Figure 5.13 – **Tableau des chaînons.**

Ce tableau est obtenu en appliquant le raisonnement tel que décrit dans le détail d'une ligne de ce tableau suivant :

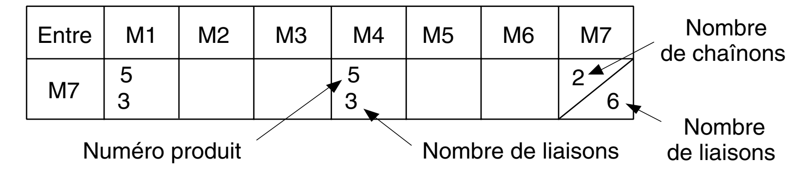


Figure 5.14 – **Détail d'une ligne du tableau des chaînons.**

➤ *Implantation théorique*

On commence par placer le poste qui totalise le plus grand nombre de chaînons (M6). On dispose autour de lui, par ordre de priorité, les postes qui lui sont directement reliés.

Figure 5.15 – **Construction de l'implantation théorique.**

Nous procédons de la sorte jusqu'à ce que tous les postes soient placés pour obtenir l'implantation théorique suivante :

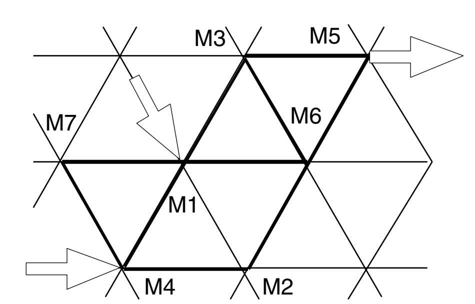


Figure 5.16 – **Résultat de l'implantation théorique.**

Il est possible de trouver plusieurs implantations acceptables suivant la manière dont on dispose les postes sur le canevas de travail.

➤ *Prise en compte des contraintes techniques*

L'implantation théorique peut nous fournir plusieurs solutions acceptables (voir figure 5.17).

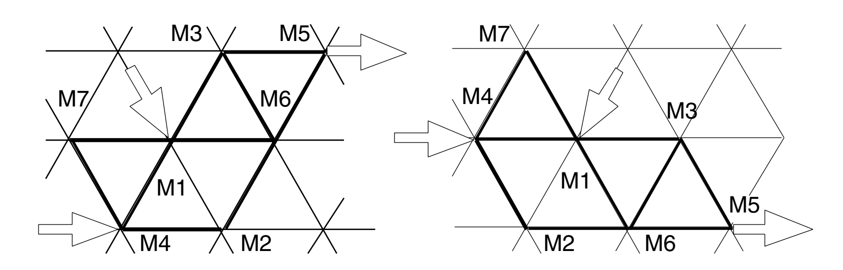


Figure 5.17 – **Prise en compte des contraintes techniques.**

Cette étape consiste à choisir l'implantation la mieux adaptée en fonction de contrainte de génie civil (localisation des services, surfaces disponibles, emplacement des allées…) et/ou de choix technologiques (mise en place de convoyeurs partageables…).

d) Mise en ligne de production – Méthode des gammes fictives

➤ *Présentation*

Cette méthode permet de créer une ligne de fabrication permettant de réaliser des produits ayant des gammes très proches. Cette ligne doit permettre l'écoulement des pièces dans un sens unique de circulation.

➤ *Analyse des processus*

On crée une gamme fictive à partir de la gamme la plus longue. Ensuite, gamme après gamme, on vérifie s'il est possible de réaliser le produit. Si nécessaire, on intercale dans cette gamme fictive le, ou les, poste(s) qui permet(tent) d'assurer la réalisation. À ce stade, il peut être nécessaire de dupliquer les postes.

En raisonnant sur le même exemple que précédemment :

On part de la gamme P5 :

M4 M7 M1 M3 M5

Pour réaliser P2, P3 et P4, on intercale M6 entre M1 et M3 :

M4 M7 M1 M6 M3 M5

Pour réaliser P1 on intercale M2 entre M4 et M7 ou entre M7 et M1; ce qui nous donne la gamme fictive finale :

M4 M2 M7 M1 M6 M3 M5

➤ *Implantation théorique*

L'implantation théorique revient à construire la ligne de fabrication qui correspond à la gamme fictive. Toutefois, la localisation du magasin ou l'unicité d'un moyen que l'on avait été amené à dupliquer au cours de la méthode peut nous conduire à proposer différentes formes de lignes de production :

Production linéaire. Dans le cas de magasins d'entrée et de sortie différents et éloignés.

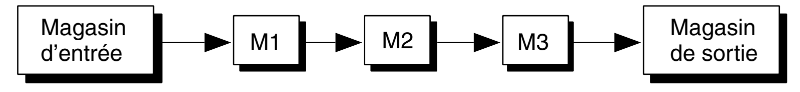


Figure 5.18 – **Production linéaire.**

Production en U. Dans le cas de magasins d'entrée et de sortie différents et très proches ou identiques.

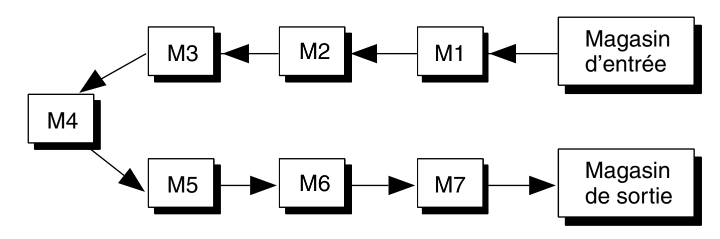


Figure 5.19 – **Production en U.**

Production en U avec point de recoupement. Cas d'un poste de travail dupliqué fictivement pour la méthode.

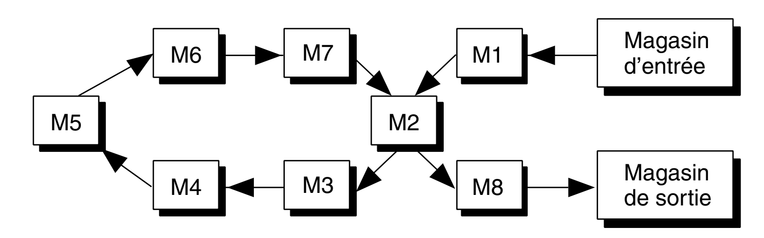


Figure 5.20 – **Production en U avec point de recoupement.**

Production en arbre. Cas d'implantation très proche de la nomenclature du produit.

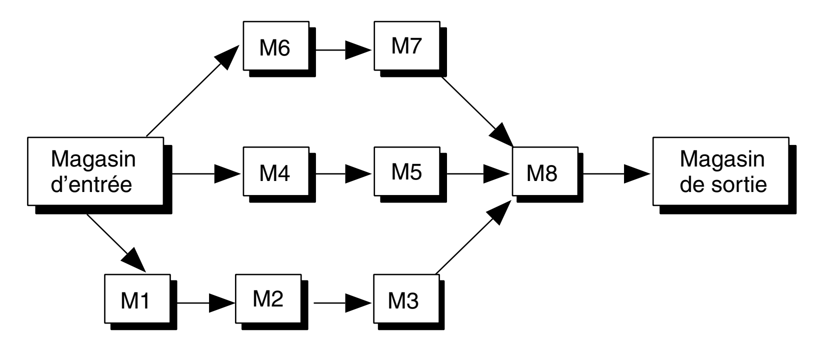


Figure 5.21 – **Production en arbre.**

➤ *Prise en compte des contraintes techniques*

Cette étape consiste à choisir, comme pour la méthode précédente, l'implantation la mieux adaptée en fonction des contraintes de génie civil (localisation des services, surfaces disponibles, emplacement des allées…) et/ou de choix technologiques (mise en place de convoyeurs partageables…).

e) Mise en îlots de production

L'organisation ou la réorganisation d'un atelier en juste-à-temps est entièrement basée sur les principes de la technologie de groupes appliquée à l'étude des flux de production. Ces flux sont en fait les gammes de fabrication associées aux pièces que l'entreprise produit. Pour un très grand nombre d'entreprises, de secteurs industriels très différents, ces flux sont beaucoup plus similaires qu'on pourrait croire.

Par une étude systématique des gammes, on peut identifier des familles de pièces qui ont des flux similaires et regrouper les machines requises en un îlot. On pourrait ainsi avoir plusieurs îlots dédiés à des familles différentes de pièces. Au sein des îlots, on fait circuler un produit à la fois d'une machine à l'autre.

La définition des îlots de fabrication s'effectue en deux étapes :

- identification des machines et des pièces susceptibles de former un îlot ; cette étape est réalisée sans tenir compte de la séquence de fabrication de chaque pièce sur les équipements choisis ;

- pour chaque îlot on examine les flux détaillés de chaque pièce en essayant de linéariser ces flux ; on vérifie aussi la capacité de production de chaque cellule en contrôlant son équilibrage ou en calculant ses besoins en capacité par rapport aux quantités à fabriquer.

La démarche consiste à préparer une matrice où l'on indique par le chiffre « 1 », quelle pièce (ou groupe similaire de pièces) passe sur quelle machine. À partir de cette matrice, il s'agit de regrouper des familles de pièces qui sont produites par un sous-groupe de machines (ce qui deviendra l'îlot). Pour y arriver il faut triangulariser cette matrice en appliquant des algorithmes, tels que celui présenté ci-après.

➤ *Méthode Mac Cormick*

Les données de départ sont regroupées dans une matrice dans laquelle les produits sont en lignes et les postes en colonnes. L'objectif de cette méthode est de transformer cette matrice de base pour la structurer en sous-matrices disjointes (qui définiront les îlots), disposées sur la diagonale et comportant une forte densité de « 1 ». Cette méthode consiste à :

- modifier l'ordre des lignes en rapprochant celles qui se ressemblent puis
- modifier l'ordre des colonnes en rapprochant celles qui se ressemblent.

La difficulté de cette méthode réside dans la détermination des critères de ressemblance. Pour exemple, étudions un système de production de 6 produits différents réalisés sur 6 postes de travail (notés de M1 à M6). Les informations des gammes de ces 6 produits nous permettent de construire la matrice suivante :

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
P1	1	1		1		
P2			1		1	
P3	1	1				1
P4	1	1		1		
P5			1		1	
P6		1	1		1	

Nous observons que :

- les lignes P1 et P4 sont strictement identiques ;
- la ligne P3 ressemble à P1 et P4 ;
- les lignes P2 et P5 sont strictement identiques ;
- la ligne P6 utilise M2 en plus des mêmes moyens que P2 et P5.

Par permutation des lignes, nous obtenons la nouvelle matrice suivante :

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
P1	1	1		1		
P4	1	1		1		
P3	1	1				1
P2			1		1	
P5			1		1	
P6		1	1		1	

Ensuite, nous observons que :

- les colonnes M3 et M5 sont identiques ;
- les colonnes M1, M2 et M4 se ressemblent ;
- la colonne M6, relativement différente, pourrait s'apparenter avec les colonnes M1 et M2.

Par permutation des colonnes, nous obtenons la nouvelle matrice suivante :

	M1	M2	M4	M6	M3	M5
P1	1	1	1			
P4	1	1	1			
P3	1	1		1		
P2					1	1
P5					1	1
P6		1			1	1

De l'analyse de cette matrice résultante, il est possible d'envisager 2 îlots :

- l'îlot 1 comporterait les postes M1, M2, M4 et M6 et
- l'îlot 2 comporterait les postes M3 et M5.

Le poste M6, n'étant utilisé que pour la réalisation du produit P3, a été rattaché à l'îlot 1 pour éviter des échanges interîlots lors de la réalisation de ce produit. Par contre, pour la réalisation du produit P6, il faudra envisager des échanges interîlots.

Pour éviter ces échanges interîlots, il faudrait dupliquer le poste M2 dans l'îlot 2 ou modifier la gamme de fabrication du produit P6. Il aurait été possible de nous aider dans le choix de la solution en remplaçant les « 1 » de la matrice par les temps effectifs d'utilisation des moyens.

5.2 La conformité des produits

5.2.1 Le contrôle des produits

Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, il est nécessaire de produire la « juste qualité » car, du point de vue de la compétitivité économique, la sur-qualité est aussi préjudiciable que la sous-qualité.

a) Les contrôles

Définition

Partant du principe que tout système n'est pas fiable à 100 %, il est nécessaire de s'assurer que le résultat du système est conforme aux attentes du client.
Le contrôle a donc pour but de vérifier la conformité d'un produit avec les spécifications stipulées sur le contrat.

Remarque : Il faut souligner que les contrôles ne réduisent pas les défauts.

➤ *Types de contrôles*

Suivant la nature des vérifications, le contrôle peut être fait :

- *par attributs* : le jugement d'une caractéristique est fait par tout ou rien. Ce type de contrôle peut être fait à l'œil (aspect, couleur…) ou à l'aide de rayons ou d'ultrasons (analyse de failles, qualité des soudures…) ;
- *par variables* : on mesure quantitativement une caractéristique de façon non destructive (poids, cote, valeur…) ou de façon destructive (dureté, élasticité…).

➤ *Méthodes de contrôles*

Suivant le type de contrôle et la politique de qualité de l'entreprise, les contrôles peuvent se faire :

- *aléatoirement* : comme son nom l'indique, on prélève de manière aléatoire quelques pièces sur lesquelles on effectuera les contrôles ;
- *statistiquement* : on contrôle un lot homogène de produits d'après la seule observation d'un échantillon représentatif. Le contrôle peut être effectué sur les produits finis ou tout au long du processus ;
- *systématiquement* : les produits sont tous contrôlés.

b) Localisation des contrôles

➤ *Préalable*

Un défaut est toujours le résultat d'une condition ou d'une action qui peut être éliminée en s'attaquant à sa cause. La détection d'une erreur doit donc non seulement faire l'objet d'une reprise ou d'une refabrication du produit mais également faire l'objet d'une action corrective sur le poste de travail. Suivant la localisation de la détection de l'erreur, le taux des rebuts et le temps de réaction peut être plus ou moins long.

➤ *Évolution de la localisation des contrôles*

L'application stricte du taylorisme a conduit à priver l'ouvrier du contrôle de son travail. Celui-ci a été confié à un service spécialisé qui a pour mission d'exécuter les contrôles (le Service Contrôle).

Progressivement, ce service a pris le nom de service qualité et s'est vu confier la mise en œuvre de la politique de qualité de l'entreprise. Pour cela, ce service doit être indépendant du service fabrication et doit être sous la responsabilité directe de la direction.

➤ *Contrôles en fin de processus*

La vérification est effectuée sur les produits finis en fin du processus de fabrication. Cette localisation n'est jamais une bonne solution car, lorsqu'un défaut apparaît, l'information est renvoyée au poste de travail concerné trop longtemps après l'exécution de la tâche incriminée. Ce poste, compte tenu du temps écoulé, sera certainement en cours de réalisation d'un autre type de pièce et la recherche de la cause de l'erreur sera difficile, voire impossible. Cette disposition correspond au cas numéro 1 de la localisation des contrôles.

Il paraît donc indispensable d'intégrer les contrôles tout le long du processus de production.

Figure 5.22 – **Contrôles en fin de processus.**

➤ *Les contrôles au poste suivant*

Très longtemps, il a été pensé qu'un employé impliqué dans la réalisation d'une tâche ne devait pas effectuer les contrôles afin de pouvoir garantir une objectivité de la vérification et de ne pas laisser passer les pièces mauvaises.

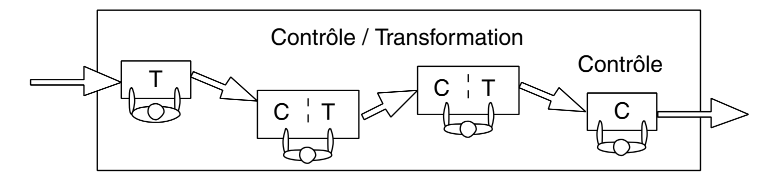


Figure 5.23 – **Contrôles au poste suivant.**

Afin de minimiser le cycle de l'action corrective, il peut être envisagé de faire contrôler les pièces réalisées par l'employé du poste suivant. Cela à l'avantage de garantir l'objectivité du contrôle et de diminuer le temps de transmission de l'information.

Cette démarche, correspondant au cas numéro 2 de l'évolution des contrôles et bien que plus proche du processus que la précédente, ralentit encore l'action corrective. Le temps de réaction sera alors principalement fonction de la taille des lots.

➤ *Les contrôles au poste de production*

Afin de diminuer le temps de réaction à un défaut, il semble tout naturel de ne pas attendre le poste suivant pour effectuer le contrôle mais d'effectuer les vérifications à la source (dès la réalisation de la tâche). L'objectivité de la vérification passe par une motivation et une responsabilisation du personnel qui doit être conscient de son implication dans le développement de l'entreprise. Dans cette disposition nous constatons une augmentation de la confiance faite aux opérateurs ce qui correspond au cas numéro 3 de l'évolution des contrôles.

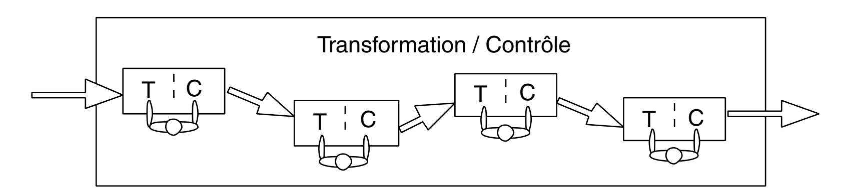


Figure 5.24 – **Contrôles au poste de production.**

➤ *Le Poka Yoke*

Les pratiques courantes du contrôle de la qualité de production reposent souvent sur la vérification aléatoire de pièces (le contrôle systématique étant alors jugé trop onéreux).

Dans l'approche japonaise, la recherche du « zéro défaut » a conduit à la généralisation du contrôle systématique ce qui implique d'avoir un processus de production parfaitement fiable. Pour cela, des appareils de contrôle appelés « poka yoke » sont installés sur les postes de travail pour détecter, automatiquement et à la source, tout événement anormal dans le processus.

Ces systèmes anti-erreur sont des dispositifs interdisant de fabriquer ou de continuer la fabrication de produits non conformes et défectueux, ou avertissant qu'il y a production d'anomalies. Ils peuvent être :

- des systèmes à fonction asservissement : l'apparition d'une anomalie entraîne l'arrêt du moyen de production (c'est le plus efficace) ;
- des systèmes à fonction alerte : le système attire l'attention sur les anomalies en déclenchant un signal sonore ou lumineux.

c) Le SPC ou la MSP

Nous avons vu que d'une stratégie de détection, l'entreprise passe progressivement à une stratégie de la prévention. Le SPC s'inscrit dans cette tendance et correspond au cas numéro 4 de la localisation des contrôles.

➤ *Définition*

Le SPC signifie *Statistical Process Control*, c'est-à-dire maîtrise statistique des processus (MSP). La MSP, initiée pour la première fois par Walter A. Shewart en 1924, est une démarche d'amélioration continue de la qualité par optimisation des process. Elle part de trois principes de base :

- c'est le processus qui élabore le produit (conforme ou non conforme) ;
- le comportement des processus fluctue dans le temps ;
- les processus ont tendance à se désorganiser et se dégrader dans le temps.

Partant de ces principes, la MSP s'appuie sur quatre éléments

- une **idée** : c'est le processus qu'il faut contrôler et non le produit ;
- une **démarche** : proposant une suite d'étapes successives comme la sensibilisation du personnel, le recensement des caractéristiques du produit, les paramètres du processus ou la mise en place de cartes de contrôle ;
- un **outil** : la carte de contrôle ;
- un **concept** : l'amélioration d'un processus est continue et sans fin.

➤ *La carte de contrôle*

Dans sa forme élémentaire, une carte de contrôle est un enregistrement chronologique des données caractéristiques d'un processus sous forme d'un graphique.

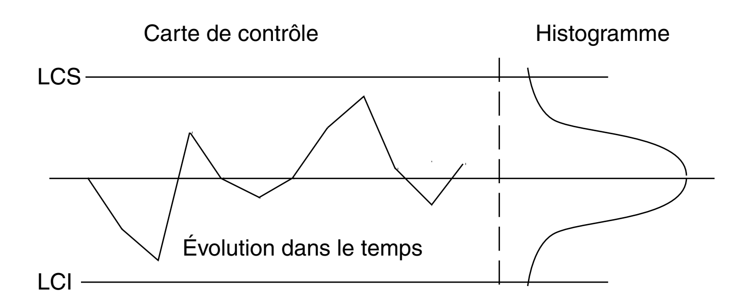


Figure 5.25 – Carte de contrôle.

Ce graphe permet de donner une première idée du comportement du processus par rapport à des références qui matérialisent des règles de décision : LCS (limite de contrôle supérieure), LCI (limite de contrôle inférieure), dérive, fluctuations, incidents…

Il est possible de représenter l'ensemble des points du graphe de la carte de contrôle sous forme d'un histogramme. La représentation suivant l'une ou l'autre des méthodes dépend de l'utilisation que l'on souhaite en faire. Ces deux modes de représentation ne sont pas contradictoires mais complémentaires.

5.2.2 Les reprises de pièces

a) Présentation

Nous avons vu précédemment que la détection d'une erreur au contrôle doit faire l'objet d'une reprise ou d'une refabrication du produit. Le choix entre ces deux solutions n'est pas facile et il dépend du mode de raisonnement appliqué dans l'entreprise.

Soit, dans une entreprise, une ligne de production spécialisée dans la fabrication d'un même produit. Cette ligne dégage un chiffre d'affaire de 2,16 M€ pour une production de 5 000 pièces par an réalisées en 1 800 heures.

La fabrication d'une pièce demande 80 euros de matière et le coût horaire de fabrication est estimé à 25 euros.

Le service contrôle détecte 10 pièces défectueuses : doit-on reprendre les pièces ou en faire de nouvelles sachant que le temps de reprise d'une pièce est égal à 1,5 fois le temps de fabrication ?

Nous allons montrer, sur cet exemple, que la décision peut varier suivant le mode de calcul.

b) Approche classique

Le raisonnement classique donne :

- Temps de fabrication de 10 pièces : (1 800 × 10) / 5 000 = 3,6 heures
- Temps de reprise de 10 pièces : 3,6 × 1,5 = 5,4 heures
- Coût main d'œuvre de fabrication d'un nouveau lot : 25 × 3,6 = 90 euros
- Coût main d'œuvre de reprise du lot défectueux : 25 × 5,4 = 135 euros

Nous constatons, ici, un surcoût main d'œuvre de 45 euros pour une économie matière de 800 euros.

En conséquence

On effectue la reprise.

c) Approche OPT

OPT, nouvelle méthode de gestion de production étudiée précédemment, nous préconise le raisonnement suivant :

Le véritable coût horaire main d'œuvre n'est pas de 25 euros mais est égal à la perte d'une heure de chiffre d'affaire, c'est-à-dire : 2 160 000/1 800 = 1 200 euros

Les calculs précédents donnent donc les résultats suivants :

- Temps de fabrication de 10 pièces : (1 800 × 10) / 5 000 = 3,6 heures
- Temps de reprise de 10 pièces : 3,6 × 1,5 = 5,4 heures

- Perte de chiffre d'affaire pour la fabrication d'un nouveau lot : $1200 \times 3{,}6 = 4\,320$ €.
- Perte de chiffre d'affaire pour la reprise du lot défectueux : $1200 \times 5{,}4 = 6\,480$ €.

Nous constatons, ici, une perte de chiffre d'affaire de 2 160 euros pour une économie matière de 800 euros.

En conséquence
On refait un nouveau lot.

d) Conséquence sur les contrôles

Nous avons vu que la vitesse de production d'une ligne est égale à la vitesse de production de la machine la moins rapide. En conséquence, une heure de cette machine est bien égale à une heure de chiffre d'affaire.

L'erreur qui conduit à rebuter les pièces peut se produire à tout moment dans la chaîne, y compris avant la machine la plus faible. Il faut donc faire en sorte de ne faire passer sur cette machine que des pièces réputées bonnes afin de ne pas l'employer pour des pièces déjà mauvaises et qui seront rejetées en fin de chaîne.

En conséquence
Il est impératif de placer une opération de contrôle avant la machine la moins rapide d'une chaîne.

5.3 La maintenance

5.3.1 Caractéristiques d'un système

a) La capabilité

C'est l'aptitude du système à produire des produits, ou des services, conformes. Elle s'adresse principalement à l'aspect qualité du produit du système en ne prenant en compte que la capacité de production de pièces exemptes de défauts.

b) La fiabilité

La fiabilité d'un système mesure la probabilité de fonctionnement sans panne, dans des conditions données et pour une période déterminée.

Plus le système est complexe, plus cette probabilité baisse. En effet, si chaque élément d'un système a une probabilité de bon fonctionnement égale à P ; la probabilité de bon fonctionnement d'un système de n éléments sera de P^n.

$$\text{Comme } 0 \leq P \leq 1,\ P^n \to 0 \text{ quand } n \to +\infty.$$

Si l'on souhaite augmenter la probabilité de bon fonctionnement d'un tel système, il faut

- augmenter la probabilité de chaque élément constituant en :
  - ayant des éléments plus fiables ;
  - doublant les éléments ;
- diminuer le nombre des éléments du système ;
- prévoir les éléments susceptibles d'arrêter le fonctionnement du système afin de les contrecarrer.

5.3.2 La maintenance industrielle

La maintenance industrielle consiste à maintenir en état de bon fonctionnement l'outil de production grâce à un ensemble d'opérations d'entretien, de réparations et de dépannages. Ses objectifs sont :

- d'assurer le meilleur niveau de performance du potentiel productif en qualité et sécurité ;
- de maximiser la disponibilité du matériel, c'est-à-dire diminuer les arrêts sur une machine. Cette disponibilité est mesurée par le MTBF (Mean Time Between Failure, ou temps moyen entre deux pannes) ;
- de prolonger la vie de certains équipements afin de repousser l'investissement de remplacement ;
- de minimiser les coûts d'intervention ;
- d'assurer un dépannage rapide.

a) Politique de maintenance

La maintenance peut s'effectuer de façon planifiée ou non.

➤ *Maintenance non planifiée (maintenance curative)*

On a recours à ce type de maintenance lorsque la panne, ou des signes de défaillance, a (ont) lieu. Il est alors effectué :

- un dépannage : opération provisoire permettant de continuer le travail ;
- une réparation : remise en état du matériel à son niveau normal.

➤ *Maintenance planifiée (maintenance préventive ou prédictive)*

Celle-ci consiste en :

- un **entretien préventif** : entretien systématique à coût négligeable effectué par le personnel opérant sur la machine (nettoyage, graissage) ;
- un **contrôle** ou une **visite systématique** des parties d'une machine qui sont aisément contrôlables et dont les pannes, connues en fonction de la durée de vie des pièces, peuvent être détectées à l'avance. Il est alors effectué une réparation ou un remplacement suivant les résultats de ces contrôles. C'est la « maintenance prédictive conditionnelle » ;
- un **remplacement systématique** des parties non contrôlables d'une machine et dont les pannes sont connues que par l'historique de la machine ou par les caractéristiques des éléments constitutifs. Il est alors effectué un remplacement des éléments avant la probabilité de la panne : c'est la « maintenance prédictive inconditionnelle ».

  Exemple : changement des lampes d'une salle toutes les 500 heures de fonctionnement.

b) Classification des composants d'une machine

Tous les composants d'un système n'ont pas la même importance dans la détermination de la probabilité de bon fonctionnement. Suivant l'importance du composant, nous choisirons une politique de maintenance plus ou moins sévère. Pour cela, il est donc nécessaire de procéder au préalable à une classification des composants de chaque machine.

➤ *Composants de classe A*

Ce sont des composants critiques dont la défaillance engendre un arrêt de la machine, des coûts de réparation élevés et une perte de production. Ces composants devront faire l'objet d'une surveillance stricte.

➤ *Composants de classe B*

Ce sont des composants dont la défaillance, ou le mauvais fonctionnement, n'arrête pas nécessairement le processus mais affecte sa capacité et la régularité de la production.

➤ *Composants de classe C*

Ce sont tous les composants qui n'ont pas une incidence directe sur le bon fonctionnement du système. Dans ce cas, nous mettrons en place une maintenance limitée, voire inexistante.

La planification 6

6.1 La planification industrielle

6.1.1 Pourquoi une planification industrielle ?

a) Fonction de la planification industrielle

Les lois actuelles de l'économie imposent à tout dirigeant d'entreprise de prévoir ses activités afin d'optimiser sa politique d'investissement, de fabrication, de vente… Dans toute entreprise, il existe donc au moins un planning permettant de matérialiser ces prévisions.

La planification industrielle est un processus qui consiste à élaborer et à réviser un ensemble de plans interdépendants (ventes, fabrication, achats, trésorerie…) et qui doit permettre de garantir le meilleur équilibre possible entre l'offre et la demande en tout point de la chaîne logistique à tout moment.

Demande (besoins du marché)	**Offre (ressources entreprise)**
Commandes fermes Prévisions de vente (marketing) Promesses de vente (vente) Nouveaux produits (responsables de projet) Objectifs d'inventaire commerciaux	Stocks : produits finis, semi-finis, matières premières, composants Main d'œuvre Moyens de production Fournisseurs Finances (BFR, trésorerie)

Équilibre

b) Niveaux de planification

Les prévisions d'activité d'une entreprise s'effectuent à différents niveaux d'agrégation et d'horizon :

➤ *La planification à long terme*

La planification à long terme, appelée planification stratégique, couvre un horizon de 2 à 5 ans. Elle formalise la direction du développement de l'entreprise, ses grandes orientations stratégiques telles que les marchés à pénétrer, les technologies à maîtriser ou à développer, les augmentations de capacités de production, le chiffre d'affaire et le profit à réaliser…

À ce niveau, la direction élabore la stratégie d'entreprise déployée en stratégie optimale de production, de financement et commerciale. Elle se présente sous forme d'un plan stratégique ou plan global obtenu à partir de prévisions commerciales agrégées, par grande famille de produits, et en cohérence avec la stratégie de l'entreprise.

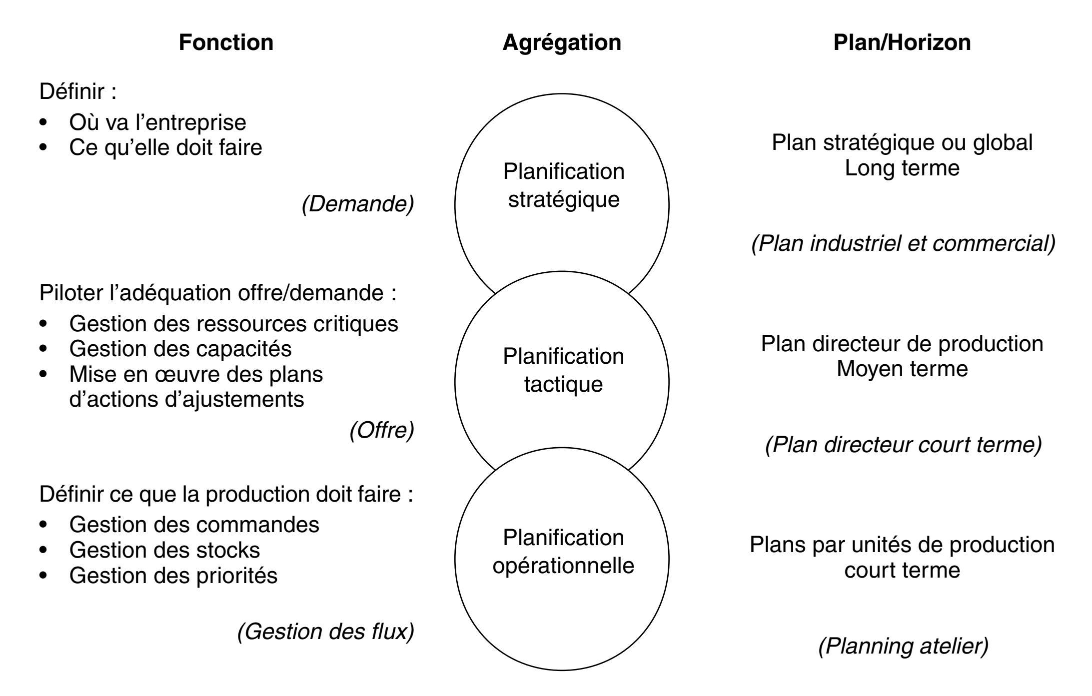


Figure 6.1 – **Intégration et hiérarchisation des niveaux de planification.**

➤ *La planification à moyen terme*

La planification à moyen terme, appelée planification tactique ou « planification opérationnelle moyen terme » couvre un horizon de 3 à 18 mois et :

- formalise l'objectif annuel de facturation,
- permet d'élaborer un ensemble de plans interdépendants pour les services opérationnels,
- planifie, analyse les ressources clés de l'entreprise afin de mettre en œuvre les actions nécessaires à la réalisation des objectifs (gestion de ressources critiques).

À ce niveau de planification, on élabore le plan industriel et commercial et le plan directeur de production moyen terme à partir de prévisions commerciales, du carnet de commandes, et en cohérence avec le plan stratégique.

Cette planification est un facteur clé de succès de pilotage pour atteindre des objectifs de l'entreprise. De ce fait, cet exercice doit être répétitif et régulier. Généralement sa périodicité est mensuelle.

➤ *La planification à court terme et à très court terme*

La planification à court terme, appelée également planification opérationnelle ou ordonnancement, couvre un horizon de la journée à un mois. Elle est située au plus près de l'activité quotidienne de l'entreprise, gère l'allocation des commandes et détermine le

déploiement optimum des ressources et moyens de production pour satisfaire la demande immédiate.

À ce niveau de planification, on élabore les plans par unités de production (plans directeurs court terme) à partir du carnet de commandes, et en cohérence avec le plan directeur moyen terme.

Cela signifie une interdépendance à la fois des plans et des décisions prises à chaque niveau d'agrégation.

c) Horizons de planification

➤ *Définition d'un horizon*

Un horizon détermine l'espace total de temps sur lequel l'entreprise organise ses prévisions et le degré de détail (granularité) des informations.
Un horizon se caractérise par :

– une unité de planification : période élémentaire d'analyse du temps ;

Exemple : l'heure, le jour, la semaine, la quinzaine, une période de n jours, le mois…

– un horizon couvert : période totale d'étude de la prévision ;

Remarque : L'horizon couvert est un multiple de l'unité de planification.

– le cycle de révision des informations : Intervalle de temps au bout duquel il est nécessaire de remettre en cause les décisions élaborées sur l'horizon couvert. Pendant cet intervalle de temps, appelé horizon figé, on s'efforce de ne pas modifier le planning, sauf aléa de très grande importance, et on met en file d'attente toutes les demandes de modification qui seront, alors, traitées lors de la procédure de mise à jour du planning.

Remarque : L'horizon figé est un multiple de l'unité de planification.

Exemple récapitulatif : il est possible d'avoir :
– un planning établi par mois (unité de planification),
– sur un horizon d'un an (horizon couvert),
– réactualisé tous les trimestres (cycle de révision – horizon figé).

Il faut veiller à ce que l'unité de planification soit cohérente avec l'horizon considéré. L'horizon n'a pas une valeur standard quelle que soit l'entreprise mais est généralement fonction de la durée du cycle de fabrication. Il est possible de donner, à titre d'exemple dans le tableau ci-dessous, un ordre de grandeur de ces horizons et de leurs unités associées en fonction du cycle de production.

Cycle de production = P		1 an		1 mois	
	Rapport	Horizon	Unité	Horizon	Unité
Long terme	3 P	3 ans	1 trim	1 trim	1 mois
Moyen terme	P	1 an	1 mois	1 mois	1 sem
Court terme	0,3 P	1 trim	1 sem	1 sem	1 jour

Figure 6.2 – **Exemple de cohérence d'horizon couvert et d'unité de planification.**

Attention : Plus le cycle de production est petit, plus ces rapports sont discutables.

Nous pouvons donc en déduire que le long terme, ou le court terme, n'a pas la même signification suivant les entreprises, ou plutôt le cycle de production de ces entreprises. De plus, on peut remarquer que la planification à moyen terme n'existe pas dans toutes les entreprises. Par contre, ce niveau de planification est très utile pour les entreprises dont le cycle de production est très long.

Il est à noter que tous les horizons, ainsi que tous les niveaux de planification industrielle, sont interdépendants. Il y a intégration et hiérarchisation des plans du long terme vers le très court terme (une unité de planification d'un niveau est un multiple d'unité de planification du niveau immédiatement inférieur).

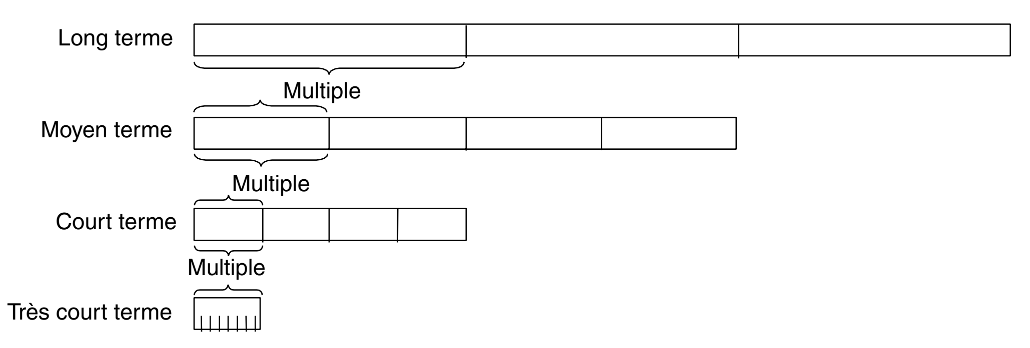


Figure 6.3 – **Recouvrement des horizons de planification.**

Il est important de ne faire dire à un planning que « ce qu'il a à dire » ; c'est ainsi que, par exemple, il ne faut pas chercher une information concernant le court terme dans le planning à long terme, et réciproquement.

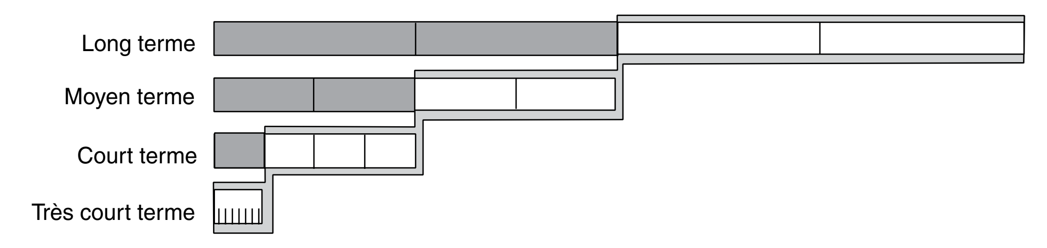


Figure 6.4 – **Enchaînement des niveaux de planification.**

Les prévisions de l'entreprise s'analysent donc du très court terme au long terme par un enchaînement des prévisions des plannings qui ne font pas l'objet de recouvrement par le niveau inférieur comme le montre la figure ci-dessus.

6.1.2 Enchaînement des plannings

Comme nous venons de le voir, la planification d'une entreprise se fait selon trois niveaux :

- la planification stratégique,
- la planification tactique,
- et la planification opérationnelle.

Cette planification s'effectue par affinages successifs et la matérialisation de ces niveaux de planification se fait par l'intermédiaire de plannings, appelés plans, qui s'articulent de la manière décrite dans la figure ci-après.

Ce chapitre est plus spécialement orienté vers la démarche d'élaboration des différents plannings concernant les planifications stratégique et tactique qui se matérialisent par :

- le plan stratégique,
- le plan industriel et commercial (PIC),
- et le plan directeur de production (PDP).

Le résultat de ces deux niveaux se traduira par le programme directeur de production, malheureusement également appelé PDP, qui regroupera les données qui permettront d'élaborer la planification opérationnelle qui sera matérialisée par le planning d'atelier et qui fera l'objet du chapitre suivant.

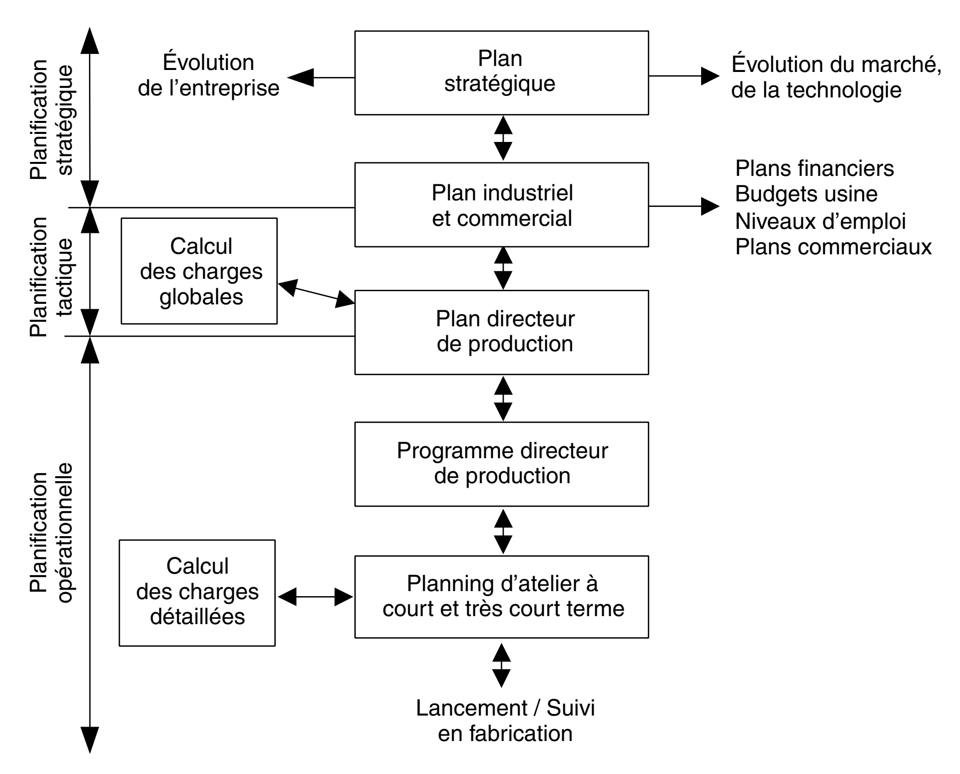


Figure 6.5 – Enchaînement des plannings dans l'architecture MRP2.

➤ *Le plan stratégique d'entreprise*

Il formalise la direction du développement de l'entreprise à long terme. Il fixe les grandes orientations stratégiques telles que : marché à pénétrer, technologie à maîtriser…

➤ *Le PIC (plan industriel et commercial)*

Il spécifie, les prévisions de vente (en chiffre d'affaire) et le niveau des stocks attendu par famille de produits. Suivant le cycle de production de l'entreprise, ces prévisions sont

établies par semaine, mois ou trimestre (les entreprises prévoient en majorité par mois et par trimestre). Il définit, de ce fait, le cap de l'entreprise sur le moyen terme.

➤ *Le PDP (plan directeur de production)*

Il affine le PIC en donnant, sur le moyen terme, sa vision quantifiée en nombre de pièces par produit en début d'horizon et par famille en fin d'horizon.

Suivant l'horizon, il est possible d'avoir un plan directeur de production qui spécifie de façon plus précise la partie prévision de production du PIC en définissant la politique de lancement en fabrication (quantités à produire, priorité de fabrication, priorité client, règles de gestion…) par références de produits commercialisés.

➤ *Le PDP (programme directeur de production)*

Il définit, sur le court terme, les quantités à produire par références de nomenclature, par jour, semaine ou mois, en produits finis ou sous-ensembles modulaires. Ce programme caractérise la partie à réaliser par la production.

Remarque : De nombreux détracteurs de MRP condamnent le fait que ce système est générateur de stock. Compte tenu de ce qui précède nous voyons que ce n'est pas MRP qui est en cause mais le PDP :

> Si le PDP est faux, MRP générera des résultats faux

Les données de ces plans sont organisées sur un horizon pouvant aller jusqu'à 5 ans. Il paraît évident que plus on s'éloigne dans le temps, plus les données sont possibles ou probables alors que lorsque l'on est très proche du très court terme les données sont réalistes, voire exactes. Les unités de temps vont passer, suivant le plan concerné et le type de fabrication, de la journée au semestre en passant par la semaine, le mois ou le trimestre.

La collecte des données pour élaborer les prévisions de vente nécessaires à l'élaboration des différents plans est assurée par la fonction commerciale (marketing, vente, distribution). Pour les premiers mois de prévision, ce sont la vente et la distribution qui fournissent les données à partir des carnets de commandes ou prévisions de commandes de leurs clients. Ensuite au-delà des trois mois, c'est la fonction marketing qui par différentes analyses poussées concernant les marchés, fournit la demande. Le contexte économique et la concurrence forte dans la majorité des secteurs, rendent difficile cette étape du processus.

6.1.3 Matérialisation d'un planning

a) Comment représenter un planning ?

Un planning se matérialise le plus souvent par un système d'axes orthonormé dans le plan où l'on représente : $\text{Quoi ?} = F_{(\text{Quoi ?})}$

➤ *Axe des abscisses : quoi planifier ?*

Il est possible de planifier des articles, des personnes, des machines, des actions… dont il faudra déterminer les minima et maxima.

Exemple d'un planning de personnel : minimum 18 personnes, maximum 36.

➤ *Axe des ordonnées : en fonction de quoi ?*

Il est possible de planifier en fonction du temps, du lieu, de la quantité… dont il faudra déterminer les minima et les maxima.

Exemple pour un planning en fonction du temps : minimum 1 jour, maximum 1 an.

Remarque : Il est à noter que les plannings les plus répandus sont fonction du temps. Aussi, par la suite nous n'étudierons que ce type de planning.

➤ *Comment matérialiser l'information ?*

Il est possible de matérialiser l'information par des listes, des fiches en « T », des bandelettes, des symboles ou des chiffres qui prendront une signification particulière en fonction de leurs dimensions, leurs couleurs, leurs positions ou leurs nombres.

b) Types de planning

Il n'existe, en fait, que deux formes caractéristiques de planning :

- les plannings « de liste »,
- et les plannings « d'ordre ».

Il n'y a pas de planning universel, chaque type est adapté à un type de planification et de lancement en fabrication.

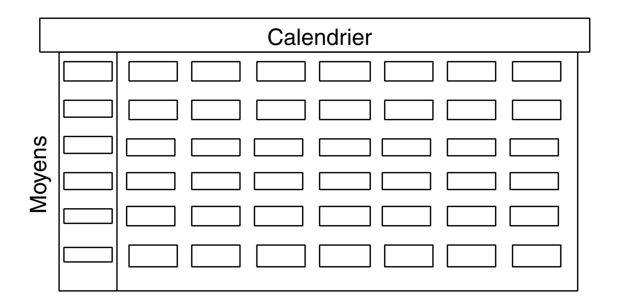
➤ *Le planning « de liste »*

Par planning « de liste », il faut entendre un planning qui présente, pour une unité de planification, une liste exhaustive non ordonnée des travaux à réaliser pour une unité à planifier.

	Unités de temps		
Éléments à planifier	Liste de travaux prévus	Liste de travaux prévus	

Figure 6.6 – **Principe du planning de liste.**

Dans les entreprises industrielles, le planning « de listes » se retrouve souvent sous la forme de planning à fiches en « T ».



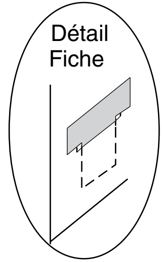


Figure 6.7 – **Planning en « T ».**

Un planning de fiches en « T » comporte un nombre plus ou moins grand de rangées de fentes horizontales qui reçoivent ces fiches. Il existe une fente par élément à planifier et par unité de planification et chacune de ces fentes reçoit une fiche comportant la description des charges. Chaque ligne correspond à un élément à planifier et chaque colonne correspond à une unité de planification. Ce type de planning offre des avantages de mobilité et de grande capacité d'information.

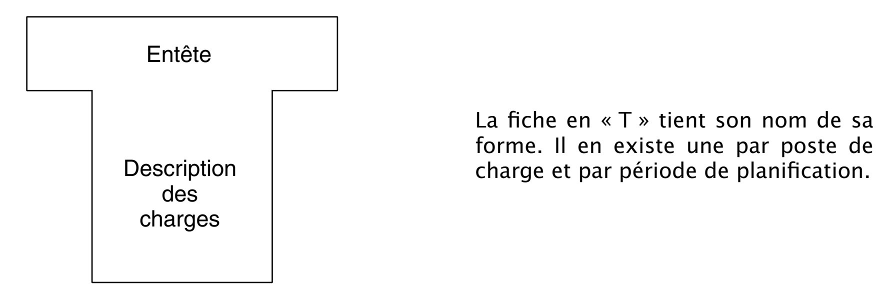


Figure 6.8 – **Fiche en « T ».**

Dans la partie entête, sont indiquées les caractéristiques de l'élément à planifier pour la période considérée (identification de la période, capacité utile, taux de chargement, capacité réelle, cumul des charges, coefficient d'utilisation…). La partie description des charges contient le détail des travaux prévus d'être fabriqués pendant cette période sur ce moyen (numéro de gamme de fabrication, numéro de phase, temps opératoire…).

Cette technique est souvent utilisée par les TPE (très petites entreprises), les artisans et les ateliers de service après-vente ou de réparations. L'opérateur ne dispose pas d'information pour l'ordre de prise en compte des travaux : c'est à lui de prendre la décision.

Bon nombre de résultats d'ERP se présentent sous cette forme de planification sans pour cela être physiquement représentés par un planning de fiches en T :

- résultats d'un calcul des besoins nets par un progiciel de GPAO ;
- plan directeur de production (PDP).

➤ *Le planning « d'ordres »*

Un planning « d'ordres » est un planning qui définit, sur un intervalle de temps, la chronologie des travaux à effectuer.

Dans les entreprises, les plannings « d'ordres » sont représentés :

- en gestion de projet, par un graphe (PERT ou potentiel tâches) ;
- en gestion d'atelier, par le diagramme de Gantt. Cet outil est historiquement rattaché à l'entreprise taylorienne ; il permet de représenter graphiquement et physiquement la charge de chaque élément à planifier.

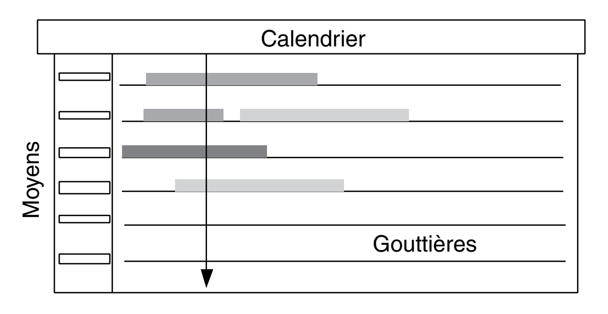
Avec ce type de planning, l'ordre d'exécution des travaux est défini : l'opérateur n'a pas de décision à prendre et doit suivre l'enchaînement des opérations prévu dans le planning.

Ces plannings utilisent principalement des plannings à gouttières ou des plannings magnétiques.

Plannings à gouttières. Ce sont des plannings à éléments continus qui conviennent particulièrement aux mesures des variations de temps ou de quantités et à une planification de type Gantt. Il existe une gouttière par élément à planifier.

Les gouttières sont :

- soit des gouttières profondes qui peuvent recevoir les documents utilisés dans l'entreprise ;
- soit des gouttières transparentes dans lesquelles se logent des bandelettes de différentes couleurs.



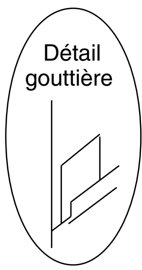


Figure 6.9 – **Planning à gouttières.**

La charge est indiquée grâce à des bandelettes de papier de longueur proportionnelle à la durée prévue d'utilisation du moyen. Il est possible de différencier les fabrications, et en particulier leurs importances, par des bandelettes de différentes couleurs.

Plannings magnétiques. Ils permettent quasiment les mêmes applications que les plannings à gouttières avec, en plus, la possibilité de réaliser des graphiques et des schémas.

La visualisation se fait au choix avec :

- des bandelettes de caoutchouc magnétiques ;
- des rubans adhésifs ;
- des symboles magnétiques ;
- des punaises magnétiques ;
- des marqueurs.

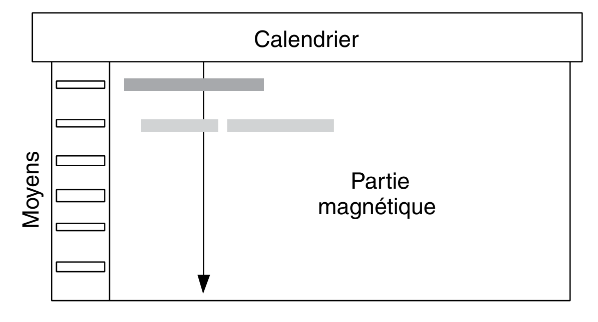


Figure 6.10 – **Planning magnétique.**

6.1.4 Élaboration d'un planning

a) Problème à résoudre

Le planning détermine, sur un horizon couvrant le long, moyen ou court terme et découpé en périodes de temps t (t = 1, …, t = T) la charge prévisionnelle de travail CHmt par unité à planifier m (m = 1, …, m = M) et par période t.

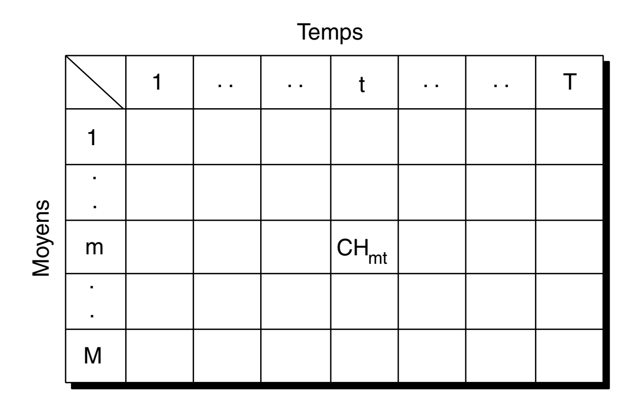


Figure 6.11 – Principe d'un planning.

Planifier le travail d'un atelier est une tâche complexe au cours de laquelle doit être établi un compromis acceptable entre des objectifs deux à deux contradictoires :

- respect, voire diminution, des délais ;
- réduction de l'appel aux moyens financiers de l'entreprise (diminution des stocks et des en-cours) ;
- meilleur emploi des moyens humains et matériels (augmentation du coefficient d'utilisation des postes de travail) ;
- augmentation de la capacité d'acceptation des urgences (flexibilité).

b) Que doit-on représenter ?

Parmi toutes les combinaisons possibles de représentation d'un planning, il y en a deux qui sont très utilisées dans une industrie. C'est :

- le planning d'utilisation des moyens en fonction du temps,
- et le planning prévisionnel d'élaboration des productions en fonction du temps.

Suivant l'utilisation que l'on veut en faire, le planning n'aura pas la même présentation (l'exemple ci-dessous utilise une représentation de type Gantt).

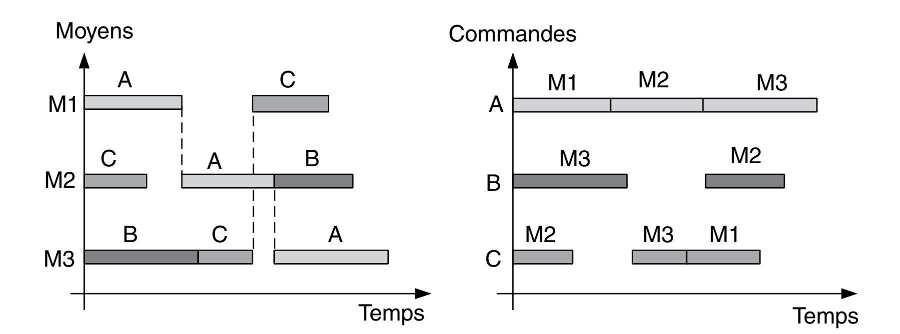


Figure 6.12 – Types de représentation de plannings.

Un planning d'utilisation des moyens de production permettra au chef d'atelier de connaître l'utilisation de ses moyens de production, par contre il ne facilitera pas la vision

« commandes ». Pour cela, le responsable d'affaire préférera un planning des commandes qui permettra d'avoir une vue synthétique de l'ensemble des fabrications mais ne facilitera pas la connaissance de l'utilisation des moyens.

Il est tout à fait possible, même souhaitable, d'avoir ces deux plannings dans l'entreprise car ils sont complémentaires. Par contre, il est courant, et plus pratique, d'établir en priorité le planning d'utilisation des moyens et de déduire, par réécriture sous une autre présentation, le planning prévisionnel de réalisation des productions.

c) Démarche d'élaboration

➤ *Rappel*

Il est nécessaire d'insister sur le fait qu'un planning doit permettre, en final, de piloter un atelier. Sa structure, et de ce fait son élaboration et son utilisation, différera donc suivant l'organisation de l'atelier.

➤ *Caractéristiques d'une fabrication*

Le processus de réalisation d'un produit quelconque se traduit généralement par un enchaînement de gammes opératoires. En ramenant chaque gamme opératoire à sa durée de réalisation, on représente macroscopiquement la logique de réalisation du produit par un graphe PERT. Grâce à ce graphe, nous en déduisons :

- la durée de fabrication ;
- les dates au plus tôt et au plus tard de chaque opération ;
- les marges libre et totale de chaque opération ;
- le chemin critique.

Lorsque nous sommes dans une approche MRP, cette logique est représentée par la nomenclature du produit et l'algorithme de fonctionnement MRP nous indique, pour chaque opération la date de début au plus tard.

➤ *Démarche d'élaboration*

L'élaboration d'un planning s'effectue de manière progressive afin de passer d'un carnet de commandes à une utilisation chronologique des moyens de production.

À partir d'une liste de commandes, on affine progressivement, en fonction des horizons et des unités correspondantes, l'ordre de prise en compte des commandes afin de déterminer la date de début et la durée de chaque élément de fabrication. À long terme (LT) ou moyen terme (MT), la détermination de l'ordre des fabrications s'appelle « planification » alors que pour le court terme (CT) nous parlons « d'ordonnancement » toutefois, dans tous les cas, la démarche conceptuelle est la même, et ces deux méthodes ne diffèrent que par le degré de finesse des informations traitées.

L'affinage s'effectue suivant les deux axes (l'axe des temps et l'axe des éléments à planifier). La chronologie exacte d'utilisation des moyens de fabrication n'a de sens que pour le très court terme (TCT).

Tout au long de la démarche, on utilise les outils adaptés au niveau de finesse voulu :

- LT : PERT, MRP-plan directeur.
- MT, CT : MRP, planning en « T ».
- TCT : GANTT.

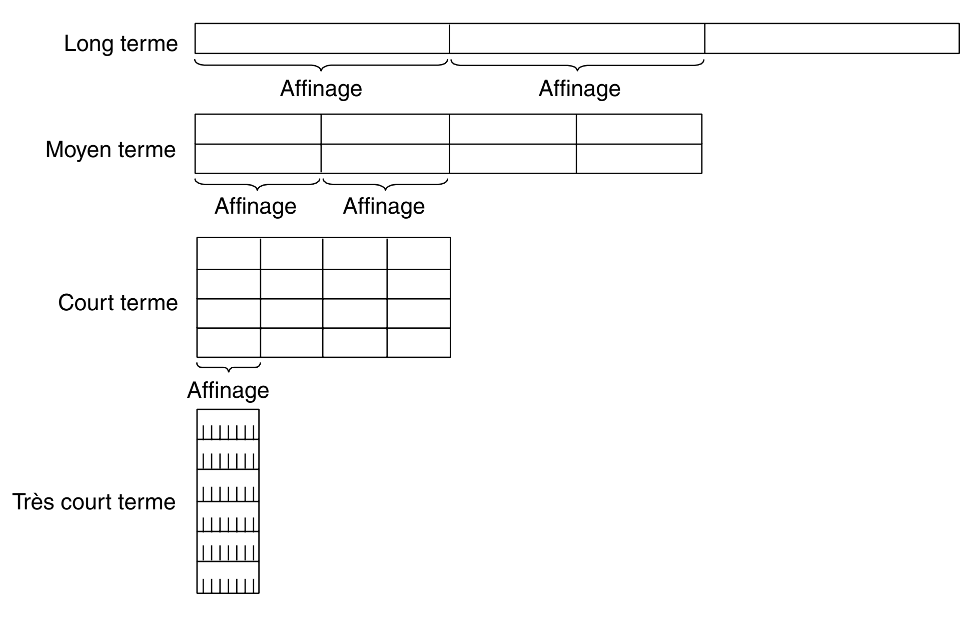


Figure 6.13 – **Affinage des différents plannings.**

Par unité de temps et par unité de moyen, la planification ou l'ordonnancement consistera à déterminer une liste d'ordre de fabrication à exécuter.

Le Gantt aura une signification en cas :

- de répétitivité du travail ;
- de stabilité de la production.

Les fabrications sont prises en compte une à une pour constituer le planning. L'objectif principal sera donc de déterminer l'ordre de prise en compte des commandes (déterminer des règles de priorité) en sachant que celui-ci influe sur le résultat obtenu.

6.2 Planification par les produits

6.2.1 MRP2 – Manufacturing Ressources Planning

a) Historique

➤ *MRP0 – 1965*

MRP0 pourrait s'appeler « méthode de réapprovisionnement de la production ». En effet, Joseph Orlicky, créateur de cette méthode, a mis en évidence deux types de produits :

– **Les produits à besoin indépendant** : c'est un besoin issu des ventes d'ensembles montés ou de pièces détachées (produit fini, pièce détachée). Ce besoin s'exprime de façon externe et aléatoire à l'entreprise.

– **Les produits à besoin dépendant** : c'est un besoin nécessaire à la réalisation d'un besoin indépendant (matière première, composant acheté, sous-ensemble fabriqué). C'est un besoin qui peut être obtenu d'une façon déterministe à partir des besoins indépendants.

Les besoins indépendants ne peuvent être, la plupart des cas, qu'estimés par prévision, alors que les besoins dépendants doivent être calculés.

Ensuite, il a démontré qu'il était possible de prévoir le calendrier d'utilisation des produits du stock à partir de données techniques et de données commerciales. Il n'était plus alors indispensable de définir des approvisionnements sur des statistiques de consommations précédentes et de prévoir des stocks de sécurité importants.

MRP0 permet de répondre à :

- Quel produit ?
- Pour quand ?
- Combien ?

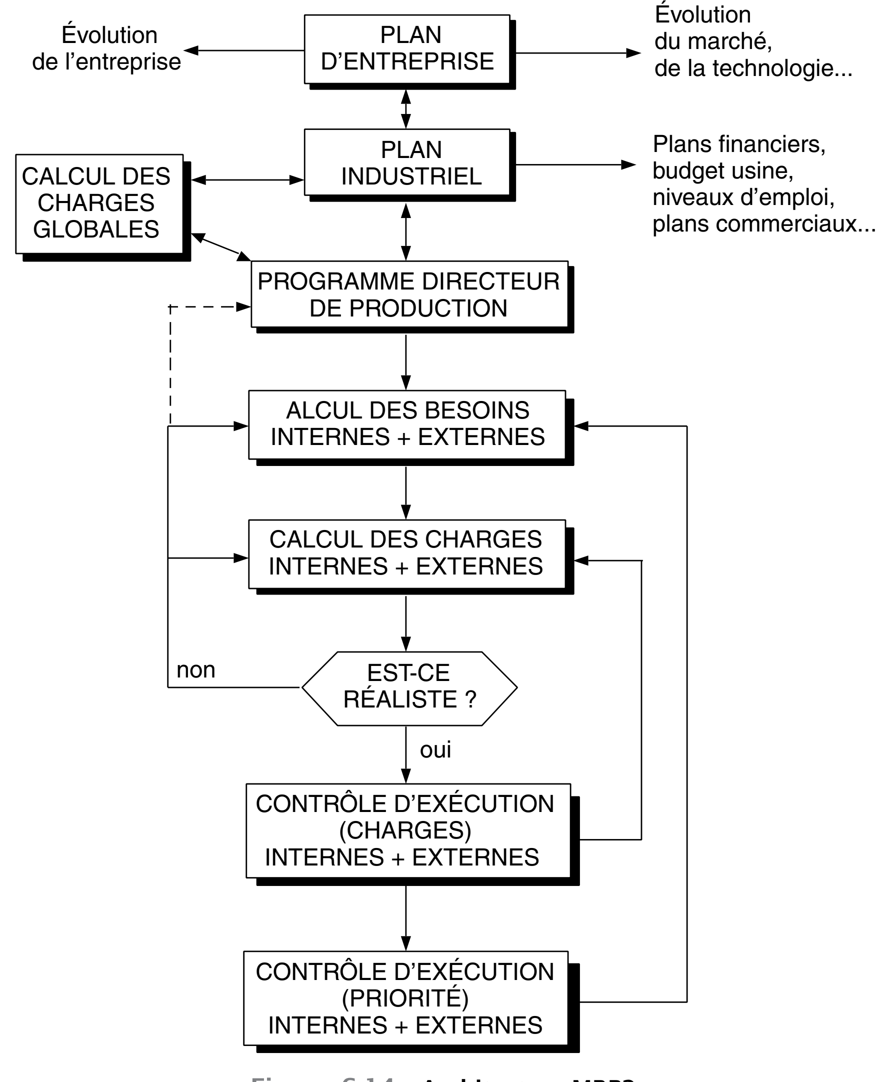


Figure 6.14 – **Architecture MRP2.**

➤ *MRP1 – 1971*

Dans MRP1, également appelée « méthode de régulation de la production », c'est l'intégration :
- des capacités des moyens : gestion et planification de ceux-ci ;
- de la notion de systèmes à boucles fermées.

Le système MRP s'enrichit :
- d'une boucle de validation des délais ;
- d'une boucle de validation des charges par rapport aux capacités des postes de travail.

MRP1permet de répondre à :
- Est-ce que j'ai la capacité de le faire ? (Sinon : boucle de retour et informer l'échelon supérieur).
- Avec quel délai ?

➤ *MRP2 – 1979*

Dans MRP2, également appelée « management des ressources de production », c'est l'intégration de la planification financière et comptable. Celle-ci est réalisée grâce à une boucle de validation des priorités de fabrication.

MRP2 permet de répondre à :
- Avec quelle priorité ?
- À quel prix ?

➤ *Conclusion*

MRP est en fait un simulateur de fonctionnement de l'entreprise ayant pour objectif de définir les quantités suffisantes de produits à approvisionner et à acheter dans un contexte de juste-à-temps. Dans son développement, MRP est passé d'une simple méthode de réapprovisionnement à un véritable système complet, du plan industriel à la gestion de l'atelier.

b) Classe d'utilisation de MRP

➤ *Objectif*

Très souvent, pour obtenir des parts de marché, l'entreprise cherche à obtenir un label de qualité clairement identifiable. C'est dans cet esprit qu'Olivier Wight a proposé un classement ABCD des utilisateurs de MRP. Ce classement permet également à toute entreprise de suivre les progrès dans le domaine de l'informatisation de sa gestion de production.

➤ *Utilisateur de classe A*

Dans une entreprise de classe A, la direction utilise le système MRP pour gérer les affaires. C'est le système qui fournit un ensemble de plans cohérents, formalisés et uniques, auxquels collaborent les gens du commercial, de la comptabilité, de la production, des achats et des services techniques. Les contremaîtres tout comme les acheteurs travaillent à l'exécution des programmes induits du programme directeur de production.

➤ *Utilisateur de classe B*

L'utilisateur de classe B possède calcul des besoins, planification des capacités, ordonnancement d'atelier et suivi mais n'a pas encore développé énormément la fonction achat du système.

La direction n'utilise pas vraiment le système pour gérer directement les affaires. Elle voit en MRP surtout un moyen de contrôler la production et les stocks.

➤ *Utilisateur de classe C*

L'utilisateur de classe C utilise MRP essentiellement comme une technique de réapprovisionnement et de lancement, plutôt que comme une technique d'ordonnancement à tous les niveaux.

➤ *Utilisateur de classe D*

Chez l'utilisateur de classe D, le système MRP ne fonctionne vraiment qu'au service informatique. Les données de gestion telles que stocks, nomenclatures sont de mauvaise qualité. Même s'il existe un programme directeur de production, celui-ci est grossièrement surchargé et rempli de retards. Peu de résultats concrets de la mise en œuvre de MRP sont observés.

6.2.2 MRP0 – Material Requirement Planning

a) Architecture d'un progiciel de GPAO

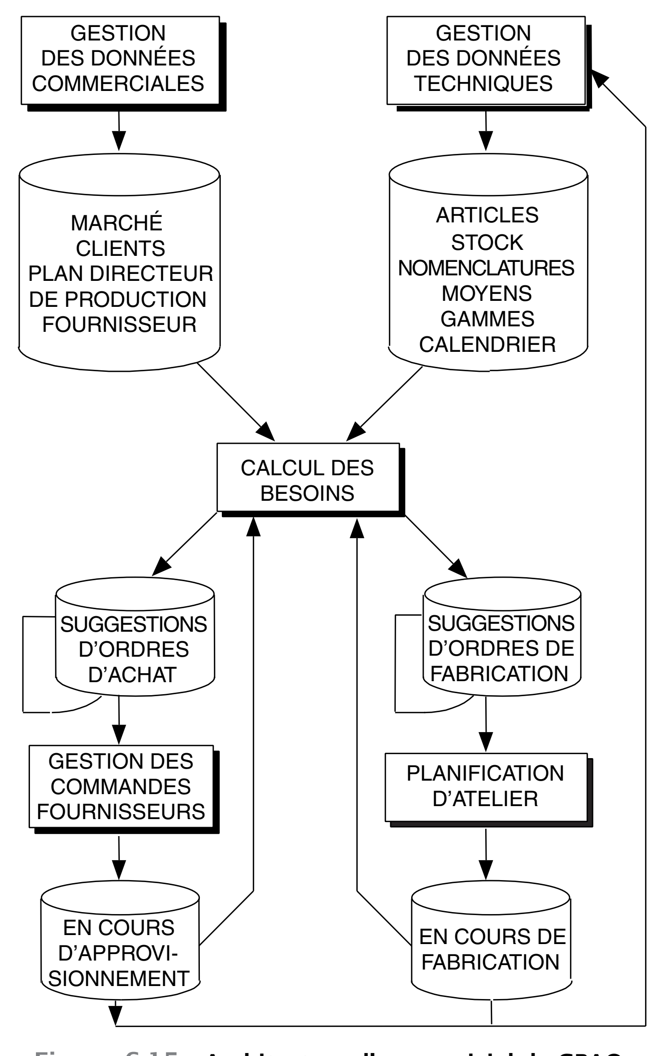


Figure 6.15 – **Architecture d'un progiciel de GPAO.**

Comme nous venons de le voir, la méthode MRP, à son origine, signifiait Material Requirement Planning et ne concernait que le calcul des besoins en composants et pouvait être considérée comme **une autre méthode de réapprovisionnement du stock**. Depuis, cette technique s'est développée et la partie calcul des besoins, plus connue aujourd'hui sous le nom de MRP0 ou MRP de classe C.

Le calcul des besoins est une technique de simulation qui permet de définir les plannings de production et d'approvisionnement des sous-ensembles et des composants permettant d'assurer la réalisation d'un plan de production.

En effet, Joseph Orlicky le créateur de cette méthode, a démontré qu'il était possible de prévoir le calendrier d'utilisation des produits du stock à partir de données techniques et de données commerciales. Il n'était plus alors indispensable de définir des approvisionnements sur des statistiques de consommations précédentes et de prévoir des stocks de sécurité importants.

b) Principe

Le calcul des besoins en MRP repose sur une décomposition arborescente des produits. À partir d'un plan de production de produits finis, des nomenclatures des produits et des délais d'obtention de tous les produits on effectue un calcul des besoins en composants échéancés dans le temps (MRP0).

6.2.3 Problème des pertes et des rebuts

a) Définition

Un système de production n'est jamais fiable à 100 % et il est nécessaire d'en tenir compte dans le fonctionnement du calcul MRP.

Il existe deux origines de pièces défectueuses dans la production :

➤ *Les rebuts à la réception (achat ou fabrication)*

C'est la totalité du produit qui est concerné. Cela correspond à des produits non conformes à la commande ou détériorés par une erreur de fabrication ou de manutention.

Les rebuts sont pris en compte dans la détermination de la suggestion en fonction d'un taux de rebut qui se trouve dans le fichier des stocks pour le produit concerné.

➤ *Les pertes à l'utilisation*

C'est le cas caractéristique d'un composant détérioré lors de son montage sur le produit fini ou de la connaissance de la perte systématique associée à l'utilisation d'un produit.

Les pertes sont prises en compte lors de l'éclatement des nomenclatures. Suivant le progiciel de GPAO que vous utilisez, il est possible :

- soit d'intégrer cette perte immédiatement dans le lien de nomenclature concerné ;
- soit de quantifier le lien de nomenclature à la valeur exacte de composant nécessaire et de rajouter un taux de perte dans le lien concerné.

b) Prise en compte des pertes et rebuts dans le calcul MRP

➤ *Impact sur les quantités*

Pour tenir compte de ces pertes ou rebuts, il est devient nécessaire de déterminer la quantité à

lancer en fabrication ou à approvisionner qui permet d'avoir la quantité de pièces bonnes attendue avec un taux de rebut R.

$$\text{Qté pièces bonnes} = \text{Qté de pièces lancées} \times (1 - \text{R})$$

d'où :

$$\text{Qté de pièces à lancer} = \frac{\text{Quantité de pièces nécessaires}}{1 - \text{R}}$$

6.2.4 Fonctionnement de MRP

Pour des raisons pédagogiques, nous étudierons le fonctionnement de cette méthode sur une grille de présentation matricielle.

a) Conventions

➤ *Le calendrier*

Ce temps est découpé en périodes de longueur fixe (taille paramétrable) de 1 jour, 1 semaine, 1 mois… Il est très courant de trouver un découpage en semaines (c'est le cas de notre exemple).

Les quantités nécessaires en produits à besoins indépendants sont déterminées pour une date (ou période) qui correspond à une colonne.

- **i** = représente l'indice de la période considérée lors d'un calcul des besoins.

➤ *Données des articles*

Fab/Achat

- Fab : c'est un produit fabriqué.
- Achat : c'est un produit acheté.

Délai

- Délai d'obtention du produit (Lead Time).
- Délai de fabrication ou d'approvisionnement d'un niveau de nomenclature suivant le type du produit.
- Exprimé par multiple entier de l'unité de planification (unité de calcul du système MRP : ici la semaine).

Ss : stock de sécurité

- Stock minimum à réserver en stock pour palier aux aléas.

Stock : quantité en stock

- Quantité existant en stock dans la période précédant le début de simulation.

➤ *Lois de gestion des articles*

Loi d'approvisionnement des produits

- LT1, LT2 : lot technique 1, lot technique 2 :
  - quantité indivisible d'achat ou de fabrication.
- Borne :
  - en dessous de cette valeur, l'achat ou la fabrication se fait par multiple du lot technique 1 ;
  - en dessus de cette valeur, l'achat ou la fabrication se fait par multiple du lot technique 2 ;

- la valeur de la borne doit être un multiple du lot technique 1.

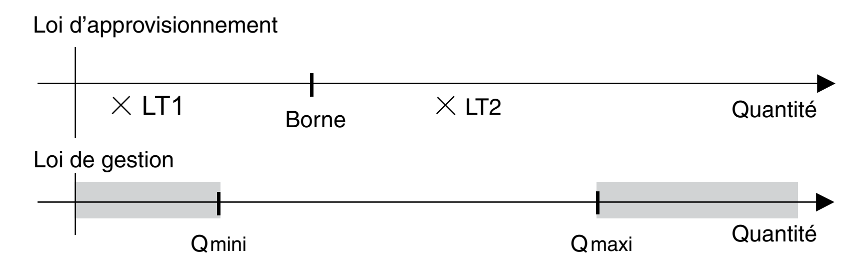


Figure 6.16 – **Principe des lois de gestion des articles.**

Qmaxi : quantité maximum en stock

- Quantité maximum de l'article concerné autorisé en stock.
- Indicateur limite d'inflation du stock.

Qmini : quantité minimum d'approvisionnement

- Quantité au-dessous de laquelle l'approvisionnement serait trop pénalisant financièrement pour l'entreprise.

Rebut : taux de rebut

- Pourcentage de produits non conformes ou détériorés par une erreur d'approvisionnement ou de fabrication (c'est la totalité du produit qui est concernée).

➤ *Les nomenclatures*

Par ligne de produit, on précise :

- les références dans lesquelles le produit concerné est utilisé (cas d'emploi) ;
- les références composant le produit concerné en précisant le nombre de composants entrant dans la composition d'un produit et le pourcentage de perte par lien de nomenclature.

Cas d'emploi	Périodes (unité : *Sem*) ⇒						8		9		10	
	Nomenclature			Réf. produit		Rng	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS
	Composant	Quantité	Perte			A/F	BA	BN	BA	BN	BA	BN
				LT1	Q_{max}	Dél	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop
				Born	Q_{mini}	S_s	OL	Att	OL	Att	OL	Att
				LT2	Reb	Stk	Sug	S	Sug	S	Sug	S
	C E	1 1		A		1		10		10	20	–10
						F						10
				1	–	1						10
				1	1	0						10
				1	0	10		10	10	10		0

Figure 6.17 – **Conventions utilisées pour le calcul MRP.**

➤ *Données d'en-cours*

- **OL**i = correspond aux ordres de fabrication ou d'approvisionnement déjà lancés et non encore livrés.

- **BA**i = besoin affecté (ou réservé) pour la période i.
  - Quantité de produits déjà réservés pour la fabrication pour la période i.
- **BB**i = besoin brut pour la période i.
  - Si c'est un besoin indépendant il correspond à une demande client ou à l'information fournie par le plan directeur de production.
  - Si c'est un besoin dépendant il correspond à une demande de fabrication.

➤ *Variables de calcul*

- **Rg** = rang de calcul des besoins nets d'un produit résultat d'un calcul interne au système.
- **Liv**i = prévision d'entrée en stock dans la période i ; c'est ce qui doit être livré des OL compte tenu des rebuts possibles.
- **DPS**i = disponibilité prévisionnelle du stock pour la période i. C'est un résultat intermédiaire de calcul.
- **Bn**i = besoin net pour la période i. C'est un résultat intermédiaire de calcul.
- **Prop**i = quantité proposée en fabrication ou achetée d'un produit pour la période i pour assurer la couverture des besoins compte tenu du type de gestion souhaité.
- **Att**i = quantité attendue en stock compte tenu de la proposition et des rebuts éventuels.
- **S**i = stock dont on peut disposer à la fin de la période i.
- **Sug**i = suggestion de livraison de fabrication ou d'approvisionnement d'un produit pour la période i.

b) Objectif du calcul des besoins

Appliquons le raisonnement pour le besoin $BB_{(i)}$ d'un produit sur une période.

On détermine pour chaque article, à besoin dépendant ou indépendant, en fonction de l'état des stocks $S_{(i-1)}$ et des en-cours $OL_{(i)}$, les quantités manquantes $BN_{(i)}$ afin de satisfaire la demande brute de la demande $BB_{(i)}$. Il est possible alors d'en déduire la suggestion de fabrication, ou d'approvisionnement, correspondante et de simuler l'état du stock $S_{(i)}$ à la fin de la période étudiée.

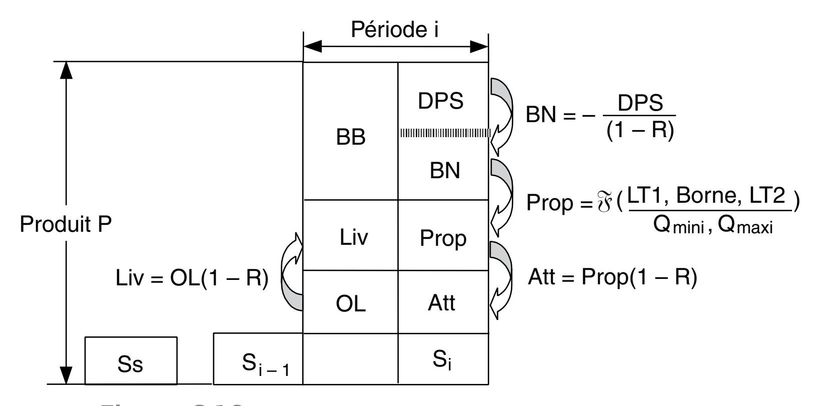


Figure 6.18 – Principe du calcul élémentaire de MRP.

$$DPS = \text{Disponibilité prévisionnelle du stock} = S_{i-1} - Ss + Liv_i - BB_i - BA_i$$

Si DPS(i) est ≥ 0 le stock est supérieur au besoin (on dit alors que le stock couvre le besoin). Dans le cas contraire (DPS(i) < 0), il sera nécessaire d'envisager une augmentation du stock pour satisfaire les besoins demandés.

Le calcul des besoins nets consiste, à partir du calcul de la disponibilité des stocks, de définir les véritables quantités à approvisionner compte tenu des paramètres de gestion retenus (loi de gestion, lot technique).

Exemple : LT1 = 6 Borne = 48 LT2 = 12 Qmini = 15

– Si BN = 10 Prop = 18

– BN = 21 Prop = 24

– BN = 50 Prop = 60

La nouvelle valeur du stock devient :

$$S_i = S_{i-1} + Liv_i + Att_i - BB_i$$

Pour satisfaire la quantité proposée, il sera nécessaire de suggérer un lancement d'achat ou de fabrication en période j = i – Dél, une quantité égale à la proposition calculée :

$$Sug_{(i\text{-dél})} = Prop_i$$

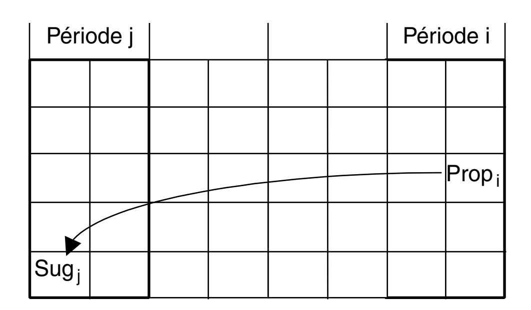


Figure 6.19 – **Principe de la prise en compte du délai d'obtention.**

Pour pouvoir lancer en fabrication notre produit, il faudra disposer des produits à besoins dépendants. Ceux-ci sont obtenus par explosion de la nomenclature au niveau immédiatement inférieur.

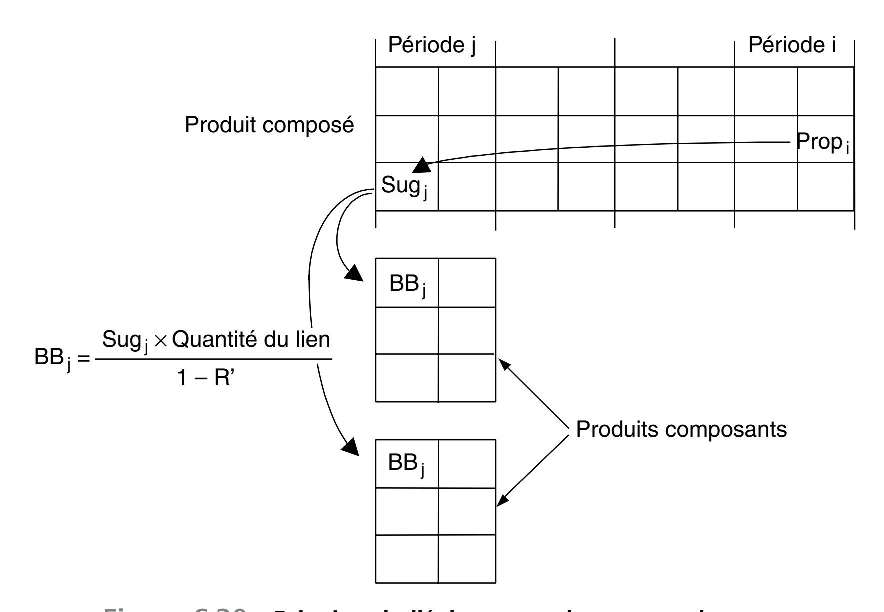


Figure 6.20 – **Principe de l'éclatement des nomenclatures.**

c) Algorithme très simplifié du fonctionnement

➤ *Recherche du rang des produits*

Cette étape consiste à normaliser les nomenclatures. C'est-à-dire faire en sorte que chaque produit n'apparaisse qu'à un seul niveau dans toutes les nomenclatures.

Le rang du produit est donc égal à la valeur maximum du niveau d'apparition d'un produit dans toutes les nomenclatures. Pour un produit acheté, il est possible de lui attribuer le rang ainsi calculé ou la valeur maximum du niveau d'apparition des produits achetés dans toutes les nomenclatures. C'est ainsi que pour D, qui apparaît au niveau 3 dans la nomenclature du produit A et au niveau 2 dans la nomenclature du produit B, nous affectons le rang 3.

Le rang maxi des nomenclatures détermine le nombre de passes de calcul des besoins.

➤ *Algorithme très simplifié du fonctionnement*

```
Recherche du rang des produits
Prise en compte des besoins indépendants
Pour Passe=1 Jusqu'à Rang_maxi
 Pour chaque produit
  Si Rang_produit=Passe Alors      { calcul des besoins nets }
   Pour i=début_horizon Jusqu'à fin_horizon
    DPS(i)=(S(i-1)-Ss)+Liv(i)-BB(i)-BA(i)
    Si DPS(i)<0
     Alors
      BN(i) = – DPS(i) / (1 – R)
      Prop(i)=BN(i) Modulo [Lots Techniques, Lois de Gestion]
      Att(i)=Prop(i)×(1-R)
      Sug(i-dél)=Prop(i)
      Mise à jour du calendrier des suggestions
      Si Produit fabriqué Alors      { éclatement des nomenclatures }
         { Recherche des Besoins bruts induits par cette suggestion }
       Pour chaque lien du produit
       BB(i – dél) = Sug(i – dél) × Quantité du lien / (1 – R')
       FinPour
      Fsi
     Sinon
      BN(i)=Prop(i)=Att(i)=0
    Fsi
    S(i)=S(i-1)+Liv(i)+Att(i)-BB(i)
   Finpour
  Fsi
 Finpour
Finpour
```

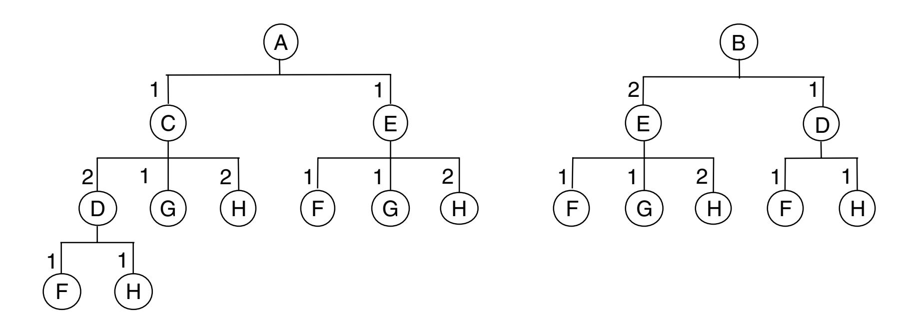
➤ *Cas particulier des nomenclatures divergentes*

Nous avons vu, précédemment, que la quantité de composants dans un lien de nomenclature d'un produit de structure divergente est négative. Nous remarquons que cette méthode conduit à générer des besoins négatifs lors de l'éclatement des nomenclatures et qu'avec l'algorithme de calcul des besoins, nous voyons que ceux-ci iront augmenter la quantité en stock.

6.2.5 Explication de la méthode sur un exemple

Présentation de l'exemple

Étant donné une entreprise industrielle qui fabrique et commercialise les deux produits finis A et B définis ci-après.



a)Fichier stock

Produits	A	B	C	D	E	F	G	H
Fabriqué/acheté	F	F	F	F	F	A	A	A
Délai (semaine)	1	2	1	2	2	1	2	1
Unité gestion	Un	Un	Un	Un	Un	Un	Un	Un
Lot technique 1	1	5	1	1	10	10	30	25
Borne	1	5	1	1	10	40	30	50
Lot technique 2	1	5	1	1	10	50	30	10
Qté mini d'appro	1	1	1	30	1	1	1	60
Taux rebut (%)	0	0	0	0	0	10	0	0
Stock sécurité	0	0	0	6	0	0	0	0
Quantité en stock	10	12	5	9	8	12	7	10

b)Les fichiers des liens et inverse des liens

Csé	Csant	Qté	Perte %
A	C	1	0
A	E	1	0
B	D	1	0
B	E	2	0
C	D	2	0
C	G	1	0
C	H	1	0
D	F	1	5
D	H	1	0
E	F	1	0
E	G	1	0
E	H	2	0

Csant	Csé	Qté
C	A	1
D	B	1
D	C	2
E	A	1
E	B	2
F	D	1
F	E	1
G	C	1
G	E	1
H	C	2
H	D	1
H	E	2

c) Caractéristique de production

Le produit F est un produit très fragile et on peut statistiquement constater une perte de 5 % lors de son montage sur le produit D.

d) En-cours

L'entreprise a passé une commande d'approvisionnement de 30 G que le fournisseur a prévu de livrer en semaine 5.

e) PdP – Plan directeur de production

Cette entreprise, après analyse des différentes demandes, décide de produire :

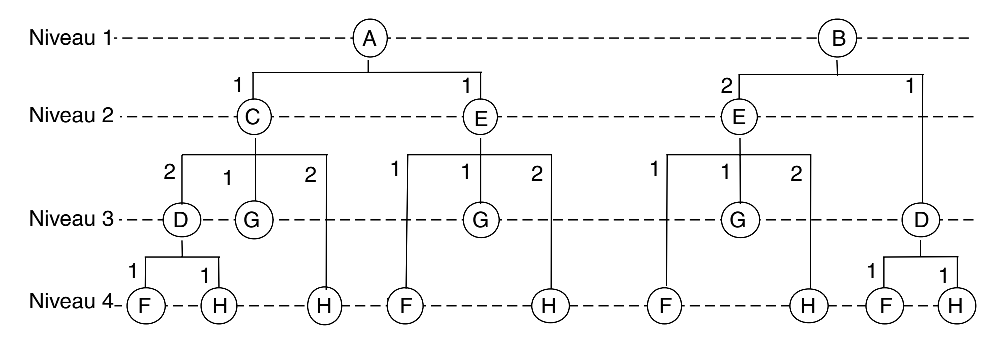
- 20 produits A à livrer en semaine 10 (pour le service commercial).
- 30 produits B à livrer en semaine 10 (pour le service commercial).
- 25 produits D à livrer en semaine 7 (pour le SAV).

f) Service attendu

Compte tenu des données techniques et commerciales précédentes cette entreprise souhaite déterminer la planification des lancements en fabrication et des ordres d'achat qu'elle doit effectuer pour assurer une production « juste à temps ».
Cette entreprise souhaite appliquer, pour chaque produit, les règles de gestion spécifiées dans les données techniques.

g) Application de l'algorithme à l'exemple

➤ *Recherche du rang des produits*



Après cette étape, nous voyons que le rang maximum des nomenclatures est égal à 4.

➤ *Détermination des calendriers des suggestions*

Ce calendrier est renseigné au fur et à mesure des calculs en reportant les valeurs trouvées dans les différentes suggestions.

On obtient le résultat suivant (pour le détail des calculs voir grille ci-après) :

Période	Suggestions de fabrication	Suggestions d'approvisionnement
Sem 4		30 F, 30 G, 60 H
Sem 5	30 D	100 F, 70 H
Sem 6	30 D, 40 E	60 H
Sem 7	10 E	
Sem 8	20 B, 5 C	
Sem 9	10 A	

➤ *Grille de calcul des besoins*

Cas d'emploi	Nomenclature			Périodes (unité : Sem) ⇒			4		5		6		7		8		9		10	
				Réf produit		*Rng*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*
	Compsant	*Quantité*	*Perte*			*A/F*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*
				LT1	Q_{mx}	*Dél*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*
				Brn	Q_{min}	S_s	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*
				LT2	*Reb*	*Stk*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*
	C E	1 1		A		1		10		10		10		10		10		10	20	–10
						F														10
				1	–	1														10
				1	1	0														10
				1	0	10		10		10		10		10		10	10	10		0
	D E	1 2		B		1		12		12		12		12		12		12	30	–18
						F														18
				5	–	2														20
				5	1	0														20
				5	0	12		12		12		12		12	20	12		12		2
A	D G H	2 1 2		C		2		5		5		5		5		5	10	–5		0
						F												5		
				1	–	1												5		
				1	1	0												5		
				1	0	5		5		5		5		5	5	5		0		0
B C	F H	1 1	5	D		3		3		3		3	25	–22	20	–22		8		8
						F								22	10	22				
				1	–	2								30		30				
				1	30	6								30		30				
				1	0	9		9	30	9	30	9		14		14		14		14
A B	F G H	1 1 2		E		2		8		8		8		8	40	–32	10	–2		8
						F										32		2		
				10	–	2										40		10		
				10	1	0										40		10		
				10	0	8		8		8	40	8	10	8		8		8		8
D E				F		4		12	32	–20	40	–65	10	15		5		5		5
						A				23	32	73								
				10	–	1				30		100								
				40	1	0				27		90								
				50	10	12	30	12	100	7		25		15		15		15		15
C E				G		3		7		37	40	–3	10	17	5	12		12		12
						A						3								
				30	–	2			30			30								
				30	1	0			30			30								
				30	0	7	30	7		37		27		17		12		12		12
C D E				H		4		10	30	–20	80	–70	20	–20	10	20		20		20
						A				20	30	70		20						
				25	–	1				60		70		60						
				50	60	0				50		70		60						
				10	0	10	60	10	70	30	60	0		40		30		30		30

6.2.6 Résultats attendus avec MRP

a) Avantages

– C'est une technique plus sûre que la gestion sur point de commande (le taux de disponibilité baisse lorsque le nombre de composants augmente) :

Nombre de composants	1	2	3	4	…	n
Taux de disponibilité	0,9	$(0,9)^2$	$(0,9)^3$	$(0,9)^4$		$(0,9)^n$
	0,9	0,81	0,73	0,65		≅ 0

En effet, si chaque composant d'un produit fini a une disponibilité de 0,9 la probabilité d'avoir le produit fini est pratiquement nulle.

– Permet d'arrêter la fabrication d'un sous-ensemble si le retard sur un autre ne permet pas de faire le produit fini (diminution des en-cours et utilisation des moyens pour d'autres produits).
– Le stock est constamment réajusté. C'est un vrai système à stock zéro car celui-ci ne replanifiera pas de nouveaux ordres de réapprovisionnement tant qu'un besoin ne se représentera pas dans le futur.
– N'exige pas une réorganisation de la production. Cette technique permet d'utiliser les données technologiques du moment (délais, stock, taille des lots).
– Gains généralement obtenus :
  • Diminution des stocks 25 à 40 %
  • Respect des délais 90 à 95 %
  • Gains sur les coûts directs et indirects :
    ◇ Fabrication 5 à 10 %
    ◇ Montage 40 %
  • Gains difficilement chiffrables :
    ◇ Meilleure qualité de la vie.
    ◇ Élimination des ordres « super-prioritaires » entraînant des bouleversements de planning.

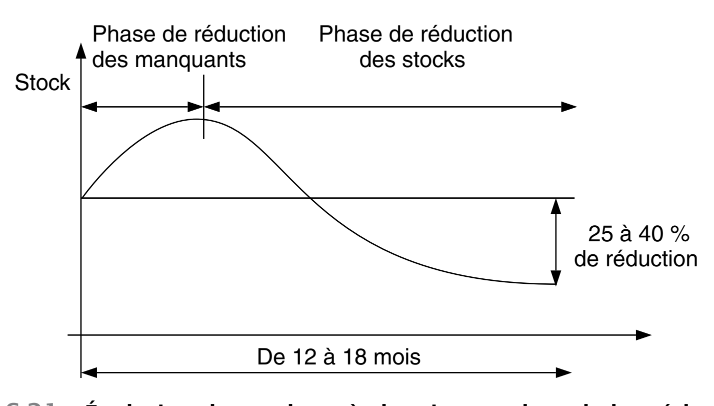


Figure 6.21 – **Évolution du stock après la mise en place de la méthode MRP.**

La courbe d'évolution du stock ne baisse pas dès la mise en place d'un système MRP. Au contraire, on constate une augmentation correspondant à une phase de réapprovisionnement des manquants. De plus, les résultats ne sont pas immédiats et ils ne sont visibles qu'après 12 à 18 mois de fonctionnement.

b) Contraintes

Nécessité d'avoir un plan de production le plus exact possible :
- implication du commercial et de la production ;
- difficulté de maîtriser une demande aléatoire ;
- remise en cause à chaque évolution de la demande ;
- intégration des perturbations dues aux pannes, rebuts, retards fournisseurs, absentéisme…

Le système bouclé impose :
- à long terme de s'assurer que le plan de production est compatible avec les ressources critiques de l'entreprise ;
- à court terme de comparer les charges et les capacités de tous les postes ;
- un suivi de fabrication et mise à jour des capacités des postes.

Nécessite une précision des données :
- du plan de production ;
- des nomenclatures ;
- des gammes de fabrication ;
- des stocks ;
- des en-cours.

c) Inconvénients

Cette technique, qui a vu le jour grâce au développement de l'informatique, nécessite généralement des moyens importants.

Les calculs étant longs :
- en temps ordinateur,
- cela conduit à faire les calculs périodiquement.

C'est une production « qui pousse » : chaque processus n'est en relation qu'avec le planning central qui lui envoie ses ordres de fabrication après information de l'avancement des travaux. La centralisation des calculs avec intervalle de temps peut conduire à :
- constituer des stocks ;
- allonger les délais.

6.3 Planification par les tâches

6.3.1 Méthodes de représentation d'un programme de fabrication

a) Programme de fabrication

Il est possible de considérer un programme de fabrication comme un enchaînement complexe d'opérations, développées dans le temps et coordonnées entre elles.

Pour mieux maîtriser ce programme, lorsque le nombre d'opérations augmente, nous sommes obligés de le représenter sous forme d'un graphe.

b) Représentations possibles d'un programme de fabrication

➤ *Schéma SAGITTAL*

Ce type de graphe est caractérisé par un ensemble de points appelés « sommets » reliés entre eux par des liaisons orientées appelées « arcs ». Ces arcs sont valués en fonction du temps…

Un « chemin » est une séquence d'arcs telle que la fin d'un arc coïncide avec le début d'un autre (exemple : A-C-B). Il est caractérisé par sa « longueur », nombre d'arcs le constituant (dans l'exemple : 2), et sa « valeur », somme des valeurs de ces mêmes arcs (dans l'exemple : 11).

Un « circuit » est un chemin fermé sur lui-même (exemple : A-C-E-A).

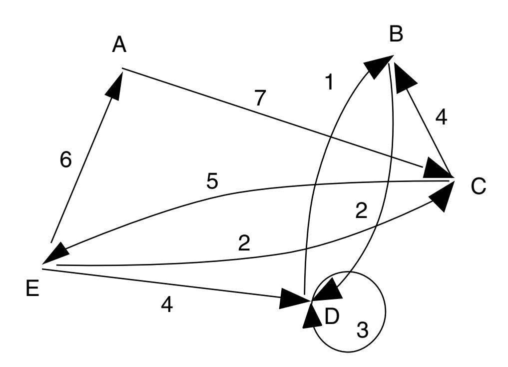


Figure 6.22 – Graphe sagittal.

➤ *Représentation matricielle*

Dès que l'on souhaite effectuer un traitement automatique d'un schéma sagittal, la représentation graphique ne convient pas. La représentation matricielle permet, par contre, de représenter ce graphe sous une forme plus pratique pour son traitement informatique.

Pour représenter le graphe de l'exemple précédent, nous indiquerons un « 1 » dans l'élément de ligne « A » (sommet origine) et de colonne « C » (sommet extrémité) pour signifier qu'il existe un arc entre A et C sinon nous indiquerons « 0 ».

Sommets « extrémité » (colonnes) / **Sommets « origine »** (lignes)

	A	B	C	D	E
A	0	0	1	0	0
B	0	0	0	1	0
C	0	1	0	0	1
D	0	1	0	1	0
E	1	0	1	1	0

➤ *Représentation PERT*

Avec cette méthode nous avons une représentation immuable d'une fabrication où chaque opération est représentée par un segment indépendant de sa durée. Le PERT ne traite que les problèmes de délais sans prendre en compte les problèmes de charge mais il permet de déterminer le chemin critique de la fabrication et les marges de liberté de chaque opération (marge libre, marge totale).

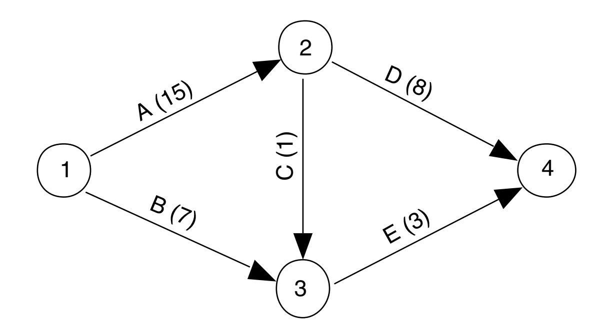


Figure 6.23 – Graphe PERT.

➤ *Représentation GANTT*

C'est la méthode la plus couramment et la plus naturellement utilisée. Chaque opération est représentée par un segment positionné dans le temps et dont la longueur est proportionnelle à sa durée. Cette représentation a l'avantage d'être simple mais présente l'inconvénient de ne pas faire directement apparaître la structure du programme de fabrication. De plus, il doit être en permanence corrigé en fonction des aléas de réalisation.

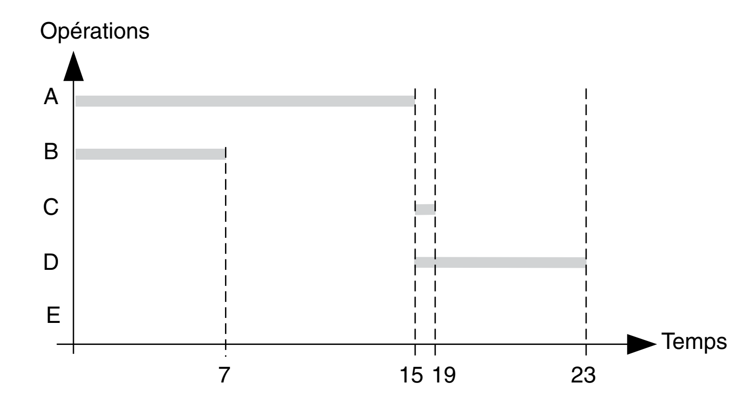


Figure 6.24 – Graphe GANTT.

6.3.2 Représentation PERT

a) Présentation

La méthode PERT (Program Evaluation and Review Technic), élaborée et mise au point aux États-Unis en 1958 pour la fabrication des fusées Polaris permet d'avoir une représentation immuable de l'enchaînement des opérations en la rendant indépendante du temps. Elle nous permet d'étudier un programme de fabrication en termes de délais sans tenir compte des charges.

Un PERT se représente par un graphe sagittal où :

- chaque opération, ou tâche, est représentée par un arc dont la longueur est indépendante de la durée ;
- chaque sommet représente une étape correspondant à un état fini de l'avancement de la fabrication.

b) Principe de la méthode

La démarche méthodologique du PERT s'établit comme suit :

- recherche de toutes les opérations d'un programme de fabrication ;
- construction du graphe normalisé représentant le programme ;
- détermination du rang de chaque opération
  - en partant du début,
  - en partant de la fin ;
- calcul des dates au plus tôt et au plus tard de chaque opération ;
- calcul des marges de chaque opération ;
- détermination du chemin critique ;
- représentation sous forme GANTT.

c) Recherche des opérations

Dans la plupart des ouvrages présentant cette méthode, les auteurs expliquent cette technique en partant tout de suite d'un graphe de représentation d'une fabrication. Dans la réalité, ce graphe n'existe pas et, le premier travail de l'ingénieur d'affaire sera de le construire. Pour cela, il devra tout d'abord recenser toutes les opérations concourant à la réalisation de la prestation dont il s'occupe. Dans sa recherche, il renseignera, pour chaque opération, sa durée et les opérations qui doivent être terminées pour qu'elle puisse s'exécuter.

Il pourra également, si le cas se présente, noter le nombre d'employés nécessaires pour réaliser cette tâche : cette information pourra être utile dans la phase d'ordonnancement.

Exemple de présentation de la méthode

Lors de la prise en charge d'une affaire, l'ingénieur chargé fait ressortir les opérations suivantes :

- L'opération B, de durée 3, ne peut être effectuée que si les opérations A, C, E et F sont terminées.
- L'opération C, de durée 2, ne peut être effectuée que si l'opération A est terminée.
- L'opération D, de durée 8, ne peut être effectuée que si l'opération A est terminée.
- L'opération F, de durée 1, ne peut être effectuée que si l'opération A est terminée.
- L'opération G, de durée 3, ne peut être effectuée que si les opérations A, C et E sont terminées.
- Les opérations A et E, de durées respectives 15 et 7, peuvent être effectuées sans attente et les opérations B, D et G terminent la fabrication.

d) Construction du graphe

Le PERT est matérialisé par un graphe sagittal qui spécifie les dépendances de la fabrication. Pour cela, nous devons avoir un graphe :

- séquentiel : sans retour ni circuit ;
- monographe : il n'existe qu'un seul arc entre deux sommets ;
- dont les arcs représentent les tâches et les sommets, des étapes correspondant au début et à la fin de chaque tâche. Les nœuds du graphe représentent alors les dépendances intertâches.

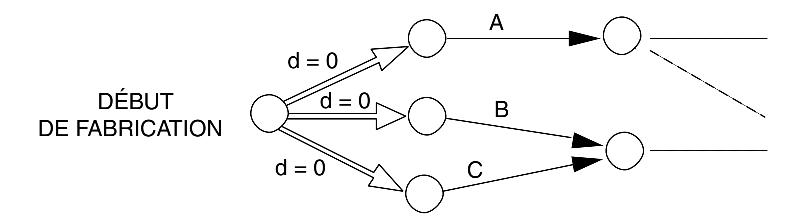
– La première phase de construction du graphe PERT consiste à déterminer le rang de chaque opération. Pour cela, nous écrivons les dépendances fonctionnelles, mises en évidence lors de la définition de la fabrication, dans une matrice où :
  - les lignes représentent les opérations qui enchaînent d'autres opérations ;
  - les colonnes représentent les opérations qui sont enchaînées.

  Nous inscrivons, dans cette matrice, toutes les dépendances en mettant un signe (« × » par exemple) dans chaque élément correspondant à une dépendance. C'est ainsi que l'on note un « × » dans l'élément ligne A, colonne B pour indiquer que B ne peut être exécutée que si A est terminée.

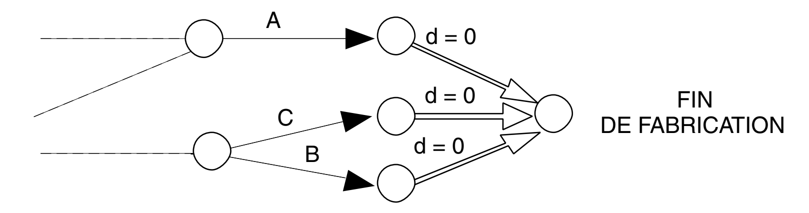
  Ensuite, pour déterminer le rang des opérations, nous appliquons la démarche suivante :
  - rechercher les opérations dont les colonnes n'ont pas de signe : ces opérations sont de rang 1 ;
  - éliminer les signes dans les lignes des opérations qui viennent d'être trouvés ;
  - répéter ces deux phases, de manière itérative jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'opérations à traiter, pour déterminer les rangs suivants (2, 3…).

	A	B	C	D	E	F	G
A		×	×	×		×	×
B							
C		×					×
D							
E		×					×
F		×					
G							
Rang	1	3	2	2	1	2	3

– La deuxième phase de construction du PERT consiste à tracer le graphe sagittal correspondant. Afin d'obtenir un graphe normalisé, nous serons peut-être amenés à définir des opérations fictives de durées nulles dans les cas suivants :
  - fabrication avec plusieurs entrées : un PERT ne peut avoir qu'une seule entrée ;

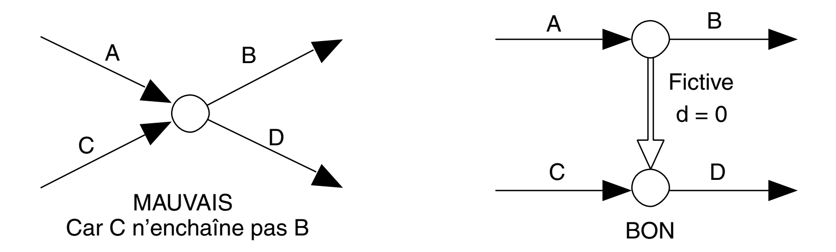


  - fabrication avec plusieurs sorties : un PERT ne peut avoir qu'une seule sortie ;

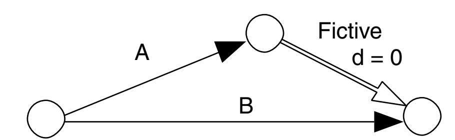


• ne pas rajouter des contraintes non définies.

La représentation d'une fabrication comprenant 4 opérations (A, B, C, D) dans laquelle A enchaîne B, A enchaîne D, C enchaîne D se représente de la manière suivante :



• ne pas avoir deux opérations entre deux sommets :



Ce qui nous donne comme graphe de représentation de notre fabrication :

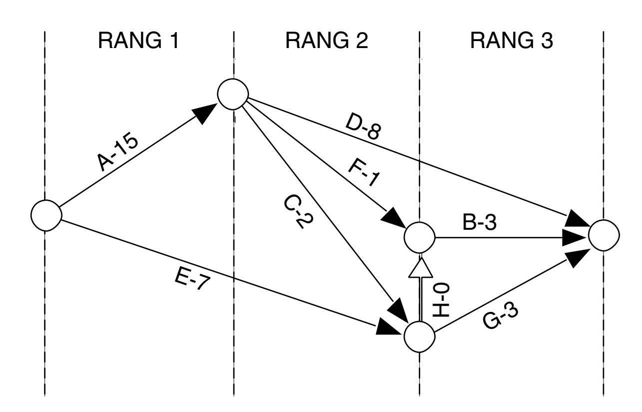


Figure 6.25 **Construction du graphe PERT.**

e) Recherche du rang des opérations

Cette étape consiste à déterminer le rang de chaque opération du graphe qui vient d'être construit (y compris les tâches fictives qui ont pu être rajoutées).

La détermination s'effectue comme vu précédemment pour trouver les rangs des opérations en partant du début. Il faut noter que si nous n'avons pas de tâches fictives, la matrice des dépendances est strictement identique. Pour déterminer les rangs des opérations en partant de la fin, la démarche est la même en remplaçant ligne par colonne et réciproquement.

	A	B	C	D	E	F	G	H	Rang
A		×	×	×		×	×		4
B									1
C		×					×	×	3
D									1
E		×					×	×	3
F		×							2
G									1
H		×							2
Rang	1	4	2	2	1	2	3	3	

Ce qui nous donne les rangs suivants :

	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4
Rang au plus tôt	A, E	C, D, F	G, H	B
Rang au plus tard	B, D, G	F, H	C, E	A

f) Numérotation des étapes

Cette numérotation consiste à donner un numéro à chaque étape afin de permettre son identification ultérieure. La méthode la plus courante consiste à donner un numéro de valeur croissante en fonction du rang des tâches.

C'est ainsi que dans notre exemple, nous mettons en évidence 5 étapes que nous numéroterons de 1 à 5.

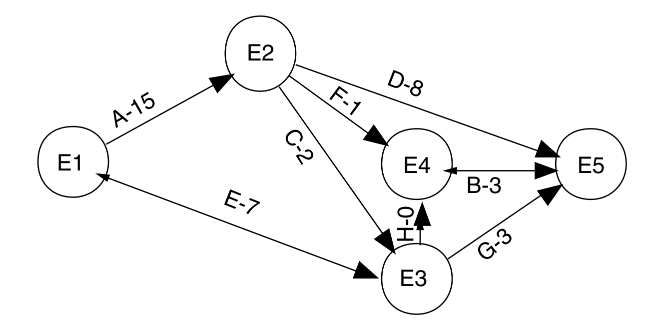


Figure 6.26 – **Numérotation des étapes.**

Il est possible de déterminer, de la même façon que pour les opérations, un rang pour chaque étape :

Rang	1	2	3	4	5
Étape	E1	E2	E3	E4	E5

g) Calcul en privilégiant les étapes

Cette méthode consiste à déterminer les dates caractéristiques de l'affaire en calculant les dates au plus tôt et au tard pour chaque étape. Les calculs sont effectués directement sur le graphe sur lequel on inscrira les résultats. Pour cela, on conviendra de représenter chaque étape par le symbole, divisé en trois parties, suivant :

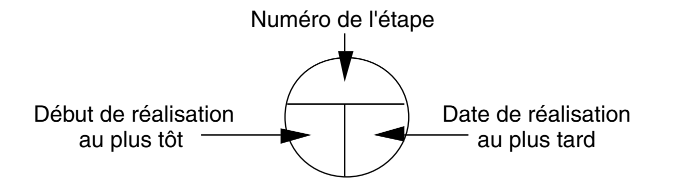
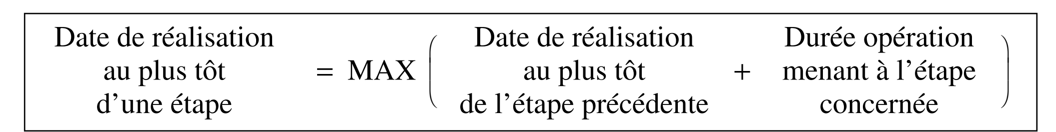


Figure 6.27 – Description graphique d'une étape de réalisation.

➤ *Calcul des dates au plus tôt*

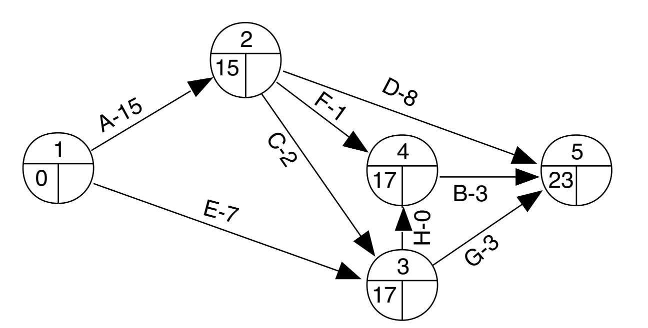
Le début au plus tôt de l'étape de rang 1 (E1) commence bien évidemment au temps t = 0. Ensuite, on calcule, rang par rang, la date de réalisation au plus tôt de chaque étape concernée. On considérera qu'une étape est achevée lorsque toutes les opérations qui y mènent sont achevées.



Date de réalisation au plus tôt d'une étape = MAX (Date de réalisation au plus tôt de l'étape précédente + Durée opération menant à l'étape concernée)



Figure 6.28 – Calcul des dates au plus tôt.

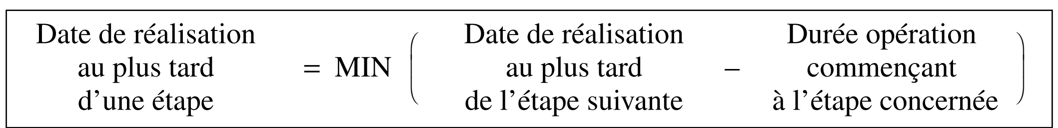


On en déduit une durée de fabrication de **23** unités de temps.

➤ *Calcul des dates au plus tard*

Nous partons de la dernière étape en lui affectant comme date de réalisation au plus tard, la durée totale de fabrication (C'est la durée du chemin critique représenté par les arcs plus épais soit 23 unités de temps).

Ensuite on effectue un calcul analogue au précédent en remontant le graphe de l'étape fin vers l'étape début. Lorsque plusieurs tâches partent de la même étape, nous prendrons comme date de réalisation au plus tard de cette étape la plus petite des dates de début des tâches qui y ont leur origine.



Date de réalisation au plus tard d'une étape = MIN (Date de réalisation au plus tard de l'étape suivante – Durée opération commençant à l'étape concernée)

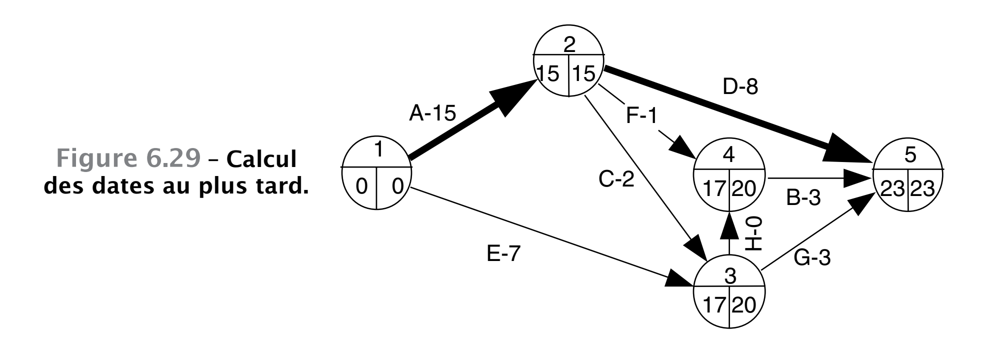


Figure 6.29 – **Calcul des dates au plus tard.**

Remarques : Cette méthode à l'avantage d'être très visuelle, donc relativement facile à l'emploi pour une personne non expérimentée. Toutefois, elle présente ses limites dès que le graphe comporte de nombreuses tâches.

De plus, privilégiant le produit par rapport au processus de production, elle présente l'inconvénient de ne pas fournir immédiatement, c'est-à-dire à la simple lecture, les informations concernant chaque tâche. Il est donc nécessaire :

- soit de surcharger le graphe et celui-ci devient vite illisible,
- soit de calculer les informations à chaque fois que l'on a besoin,
- soit d'adjoindre au graphe un tableau récapitulatif.

h) Calcul en privilégiant les opérations

Cette méthode consiste à calculer les dates caractéristiques de l'affaire en calculant les dates au plus tôt et au tard pour chaque opération.

Nous proposons d'effectuer les calculs directement dans un tableau tel décrit ci-après. Cette démarche proposée s'apparente plus à un traitement informatique qu'à un calcul direct sur le graphe comme nous l'avons vu précédemment.

➤ *Calcul des dates au plus tôt*

La date de début au plus tôt d'une opération est égale à la valeur maximum des dates de fin au plus tôt de toutes les opérations qui l'enchaînent.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Durée_opération	15	3	2	8	7	1	3	0
Date_début_+_tôt	0	17	15	15	0	15	17	17
Date_fin_+_Tôt	15	20	17	23	7	16	20	17

On en déduit une durée de fabrication de **23** unités de temps.

Le calcul de ces dates s'effectue suivant l'algorithme simplifié suivant :

```
Pour Rang = 1 à Rang_maxi
 Pour Numéro_opération = 1 à Nombre_opération
  Si Rang_opération = Rang
   Alors
    Si Rang = 1
```

```
      Alors
       Date_début_+_tôt = 0
      Sinon
       Date_début_+_tôt = MAX[Date_fin_+_tôt des op précédentes]
      Fsi
      Date_fin_+_tôt = Date_début_+_tôt + Durée_opération
   Fsi
  Fpour
Fpour
```

➤ *Calcul des dates au plus tard*

La date de fin au plus tard d'une opération est égale à la valeur minimum des dates de début au plus tard de toutes les opérations qu'elle enchaîne. Le calcul de ces dates s'effectue suivant l'algorithme simplifié suivant :

```
Pour Rang = 1 à Rang_maxi
 Pour Numéro_opération = 1 à Nombre_opération
  Si Rang_opération = Rang
   Alors
    Si Rang = 1
     Alors
      Date_fin_+_tard = Durée_fabrication
     Sinon
      Date_fin_+_tard = MIN[Date_début_+_tard des op suivantes]
     Fsi
     Date_début_+_tard = Date_fin_+_tard - Durée_opération
  Fsi
 Fpour
Fpour
```

	A	B	C	D	E	F	G	H
Durée_opération	15	3	2	8	7	1	3	0
Date_début_+_tard	0	20	18	15	13	19	20	20
Date_fin_+_tard	15	23	20	23	20	20	23	20

i) Calcul des marges

La **marge totale** d'une opération représente le retard admissible du début d'une opération qui n'entraîne aucun recul de la date de fin de l'affaire mais qui consomme les marges de liberté des opérations suivantes. Elle est égale à la différence entre sa date de début au plus tard et sa date de début au plus tôt.

Marge totale d'une opération	=	Début au plus tard de cette opération	–	Début au plus tôt de cette opération

La **marge libre** d'une opération représente le retard admissible d'une opération qui n'entraîne pas de modification de calendrier des opérations suivantes. Elle est égale à la différence entre la date de début au plus tôt d'une opération suivante et la date de fin au plus tôt de l'opération concernée.

Soit, en raisonnant avec les étapes :

Marge libre d'une opération	=	Début au plus tôt de l'étape fin	–	Début au plus tôt de l'étape début	–	Durée de l'opération concernée

ou en raisonnant avec les opérations :

Marge libre d'une opération	=	Début au plus tôt de l'opération suivante	–	Fin au plus tôt de cette opération

Il est évident que toute opération ayant une marge totale nulle a obligatoirement une marge libre nulle. Par contre, il est possible qu'une opération possédant une marge totale non nulle ait une marge libre nulle.

Le **chemin critique** est le chemin qui ne laisse aucune marge aux opérations qui le composent. Il est donc composé de toutes les opérations dont la marge totale est nulle. C'est la séquence d'opérations ayant la durée de fabrication la plus longue.

Il est possible d'avoir plusieurs chemins critiques dans une même affaire. Il est peut-être banal, mais nécessaire de rappeler qu'un chemin critique rejoint obligatoirement le début et la fin de fabrication.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Durée	15	3	2	8	7	1	3	0
Début + Tôt	0	17	15	15	0	15	17	17
Début + Tard	0	20	18	15	13	19	20	20
Fin + Tôt	15	20	17	23	7	16	20	17
Fin + Tard	15	23	20	23	20	20	23	20
Marge totale	0	3	3	0	13	4	3	3
Marge libre	0	3	0	0	10	1	3	0
Chemin critique	×			×				

Dans notre exemple, le chemin critique est ici composé des opérations A et D.

6.3.3 Représentation suivant un graphe GANTT

a) Présentation

Dans un système d'axes où les abscisses représentent le temps et les ordonnées les opérations on représente chaque opération par un segment de droite proportionnel à sa durée. Le début du segment est calé sur la date de début de l'opération et la fin du segment représente la fin de l'opération.

Ce type de graphe a l'avantage d'être facile à lire mais il a l'inconvénient de ne pas représenter les enchaînements des opérations. Il est courant de remarquer que de nombreux utilisateurs de cette technique les notent en surimpression du graphe.

b) Construction du graphe de l'exemple

Il existe plusieurs démarches pour construire un graphe GANTT correspondant à un PERT. Le problème réside dans le positionnement de chaque tâche dans l'espace-temps. Le début de chacune d'entre elles résulte d'un choix entre les deux solutions extrêmes (positionnement au plus tôt ou au plus tard) qui est fait dans la fonction « ordonnancement ».

➤ *Représentation graphique*

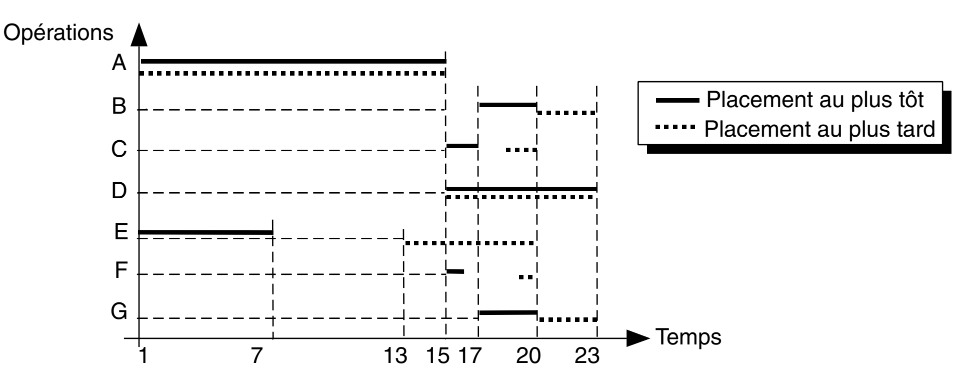


Figure 6.30 – **Représentation GANTT au plus tôt et au plus tard.**

➤ *Placement au plus tôt*

Chaque tâche est positionnée dans le temps en prenant en compte la date de début au plus tôt.

➤ *Placement au plus tard*

Chaque tâche est positionnée dans le temps en prenant en compte la date de début au plus tard.

6.3.4 Le PERT probabilisé

Dans ce type de graphe, la durée d'une tâche n'est pas fixe mais peut varier. Il est donc nécessaire de prendre en compte cette variation dans les calculs des dates et marges caractéristiques d'une fabrication.

Pour chaque tâche, on définit :

- t_o : le temps le plus optimiste,
- t_r : le temps le plus réaliste ou le plus probable,
- t_p : le temps le plus pessimiste.

Une estimation de temps aléatoires souvent se répartit suivant une distribution de probabilité de type β :

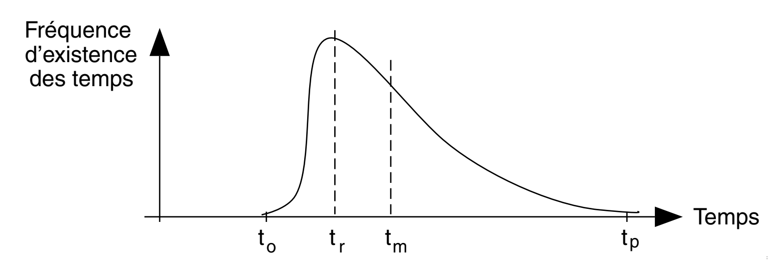


Figure 6.31 – **Distribution des temps suivant une loi β.**

Ce qui nous permet de déterminer le temps moyen (t_m) de chaque tâche qui servira au calcul des dates et marges caractéristiques du graphe comme vu précédemment.

$$t_m = \frac{t_0 + 4t_r + t_p}{6}$$

Pour le graphe vu précédemment, nous avons :

	A	B	C	D	E	F	G
Durée optimiste	12	2	1,5	4	4	1	2
Durée probable	14,5	2,5	1,5	7,5	6,5	1	2,5
Durée pessimiste	20	6	4,5	14	12	1	6
Durée moyenne	15	3	2	8	7	1	3

Cet exemple nous donne donc les mêmes résultats que ceux trouvés dans notre calcul précédent. La durée du chemin critique est alors de 23 unités de temps.

Le PERT probabilisé permet de déterminer la probabilité de fabrication dans un délai donné avec des durées de tâches variables comme nous venons de le voir. Il est donc possible de répondre à la question :

Quel est le taux de probabilité pour que cette fabrication soit réalisée en 25 unités de temps ?

Le calcul s'effectue sur les n tâches composant le chemin critique. Pour chacune d'entre elles, on calcule l'écart type correspondant :

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{t_p - t_0}{6}\right)^2}$$

Sachant que la variance d'une somme de variables aléatoires indépendantes est égale à la somme des variances de ces variables, il est possible de déterminer l'écart type relatif à l'ensemble de la fabrication :

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sigma i^2}$$

Tâche	t_o	t_r	t_p	t_m	σ^2	σ
A	12	14,5	20	15	1,78	1,334
D	4	7,5	14	8	2,78	1,667
Σ				23	4,56	2,135

De plus, en estimant que la somme de n variables aléatoires tend à suivre une loi normale $\mathcal{N}$ quand n augmente, quelles que soient les lois de probabilité suivies par ces variables, on en tire la distribution de probabilité de la durée minimale d'exécution de la fabrication.

Dans notre exemple, si D est la variable aléatoire continue mesurant la durée du chemin critique en unités de temps, D suit la loi :

$$D = \mathcal{N}\,(23\,;\,2{,}135)$$

Attention : Cette loi ne devrait pas s'appliquer à notre exemple, car n est beaucoup trop petit, mais nous l'avons utilisé pour expliquer le raisonnement.

On peut alors déterminer la probabilité de réaliser la fabrication de durée D en L unités de temps P (D ≤ L). Dans notre exemple, nous trouvons P(23 ≤ 25) = 82,6 %.

6.3.5 Le PERT coût (PERT COST)

Dans les cas précédents, les durées de fabrications étaient des données définies par l'entreprise en affectant à chaque tâche des moyens constants sans tenir compte du coût de leur réalisation. Or, par affectation de moyens supplémentaires, ces durées peuvent varier. Toutefois, est-ce que cette affectation de moyens supplémentaires, pour la réalisation d'une tâche, est rentable ?

Il est possible de déterminer pour chaque tâche de la fabrication :

- un **coût normal** (Cn) : c'est le coût le plus faible pour l'entreprise pour mener à bien la tâche avec le minimum de moyens ;
- un **temps normal** de réalisation (tn) : c'est le temps qui correspond au coût normal, c'est-à-dire effectué avec le minimum de moyens ;
- un **temps accéléré** (ta) : c'est le temps minimum concevable pour réaliser la tâche, en lui accordant les moyens suffisants ;
- un **coût accéléré** (Ca) : c'est le coût qui correspond au temps minimum de réalisation.

L'évolution du coût en fonction de la durée peut suivre différentes lois. Toutefois pour simplifier la présentation on admettra que le coût est proportionnel au temps. On peut alors définir un **coût marginal d'accélération** pour chaque tâche :

$$\text{Cma} = \frac{\text{Ca} - \text{Cn}}{\text{tn} - \text{ta}}$$

Ce coût marginal d'accélération permet de déterminer le coût supplémentaire associé à la réduction d'une unité de temps de réalisation d'une tâche.

Cette approche nous permet de déterminer le coût de diminution de la durée d'un projet.

Mais attention :

- la détermination des différents coûts n'est pas chose facile ;
- il est peut-être intéressant de diminuer la durée d'une tâche critique, mais il est inutile de dépenser de l'argent supplémentaire pour une autre tâche ;
- en diminuant la durée d'une tâche une tâche non critique peut le devenir.

7 L'« Ordonnancement »

7.1 Ordonnancement d'atelier

7.1.1 Objectifs de l'ordonnancement

L'ordonnancement d'atelier couvre un ensemble d'actions qui transforment les décisions de fabrication définies par le programme directeur de production en instructions d'exécution détaillées destinées à piloter et contrôler à court terme l'activité des postes de travail dans l'atelier.

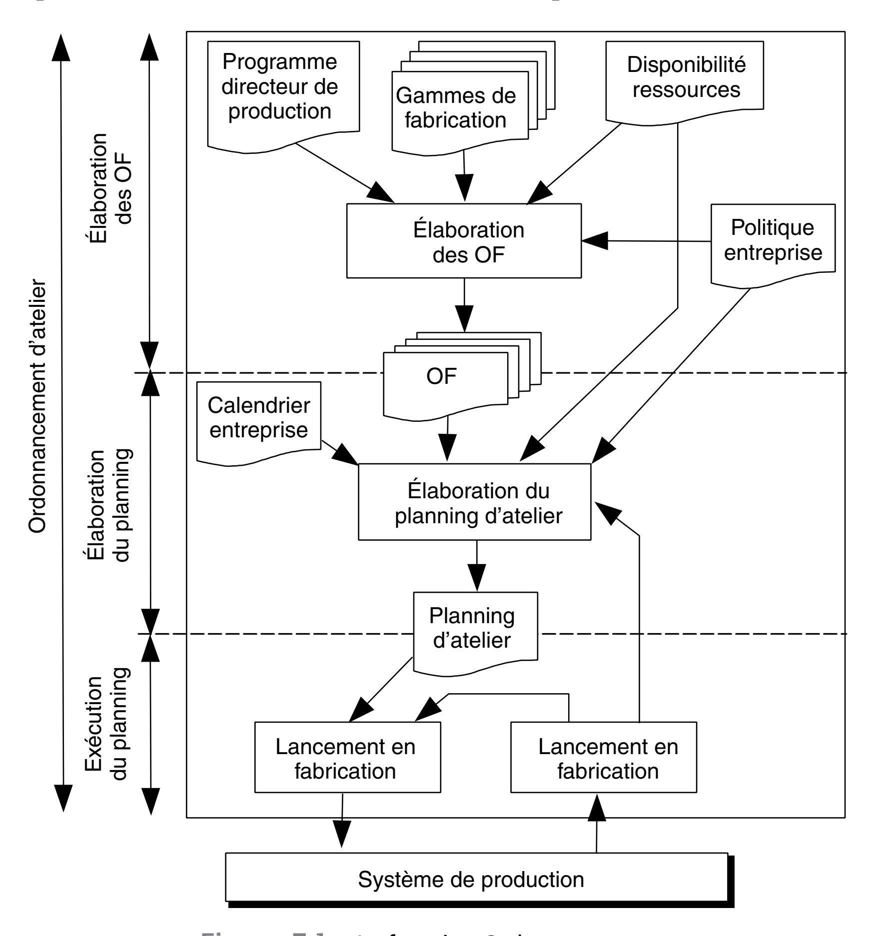


Figure 7.1 La fonction Ordonnancement.

La fonction ordonnancement d'atelier peut être décomposée en trois sous-fonctions :

- une sous-fonction « Élaboration des OF » : cette tâche consiste à transformer les informations du programme directeur de production (suggestions de fabrication) en OF (Ordres de Fabrication) ;
- une sous-fonction « Élaboration du planning d'atelier » : cette tâche consiste, en fonction de ces ordres de fabrication et de la disponibilité des ressources consommables (matières premières, composants) et partageables (postes de travail), à déterminer le calendrier prévisionnel de fabrication (cela revient à transformer les prévisions de fabrication à court terme en ordres d'exécution à très court terme) ;
- une sous-fonction « Lancement-Suivi » : cette tâche consiste à :
  – distribuer aux postes de travail les documents nécessaires à la bonne exécution des fabrications (lancement en fabrication) ;
  – suivre l'exécution des fabrications (suivi de production).

Ces trois sous-fonctions s'enchaînent de la manière présentée à la figure 7.1.

Remarque : Dans ce chapitre, plusieurs affirmations pourront paraître être des évidences mais fort est de constater que dans bon nombre de PME, ces évidences sont loin d'être mises en place.

7.1.2 Types d'ordonnancement

a) Pilotage de la production

L'objectif final de l'ordonnancement est avant tout de piloter la production de l'entreprise. Ce pilotage peut être :

- **Centralisé**, dans ce cas, il est réalisé par la fonction ordonnancement de l'entreprise.
- **Décentralisé**, dans ce cas, il est réalisé au pied de chaque poste de travail.

b) Ordonnancement centralisé

Dans le cas d'un ordonnancement centralisé, qui correspond au type le plus répandu dans les entreprises, la structure de fonctionnement correspond à la figure précédente. Cette solution a l'avantage de proposer un planning d'atelier très complet mais a l'inconvénient de centraliser la prise de décision.

c) Ordonnancement décentralisé

Dans un ordonnancement décentralisé, ou local, la décision est prise en fonction d'informations sur les lots en attente devant un poste de charge sans avoir à considérer la situation des autres files d'attente. Cette solution a l'avantage de réduire, quelquefois, les délais de réalisation mais a l'inconvénient de ne pas régler le problème de la gestion des capacités des postes et de ne pas fournir un planning d'atelier de synthèse.

7.2 Élaboration des Ordres de Fabrication (OF)

Définition

Un OF est un document, ou ensemble de documents, qui donne ordre de fabriquer des pièces, ou produits, spécifiés dans des quantités données pour une date donnée. Dans certains cas, cet OF est matérialisé par le Dossier de Fabrication.

Remarque : Il est important de noter qu'un OF **n'est pas** une gamme opératoire mais un OF est élaboré à partir de ces gammes. Nous pouvons constater de nombreux dysfonctionnements en ordonnancement lorsque cette confusion est faite dans l'entreprise.

7.2.1 Élaboration des OF

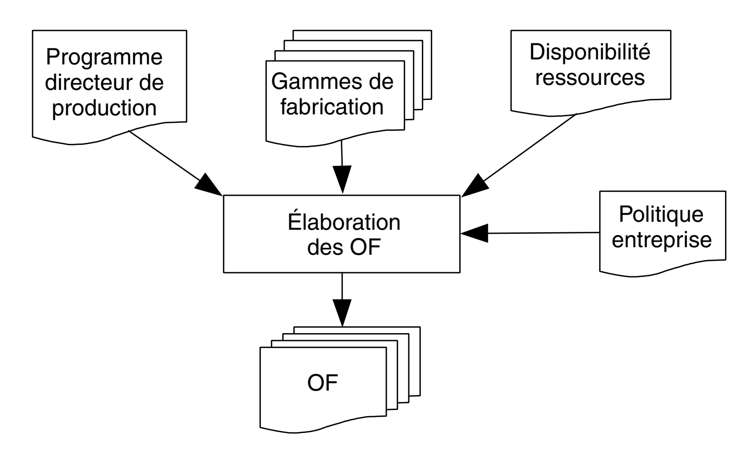


Figure 7.2 Élaboration des OF.

Chaque suggestion d'OF du Programme Directeur de Production est transformé en OF. En fonction de la politique de l'entreprise (priorité au délai, priorité aux coûts, priorité à l'utilisation de certains moyens…), des quantités à fabriquer, des dates de mise à disposition prévisionnelles et des ressources disponibles il est indispensable de définir deux informations importantes :

- la taille des lots de fabrication et de transfert;
- le processus de réalisation à adopter.

7.2.2 Détermination du lot de fabrication

Le lot de fabrication représente la quantité de pièces lancées en fabrication en une seule fois. Compte tenu de la valeur des suggestions d'OF, il est possible :

- d'**éclater** un lot suggéré en plusieurs lots de fabrication lorsque celui-ci est trop important;
- de **regrouper** plusieurs petits lots suggérés d'une même pièce afin de minimiser les effets de lancement en fabrication.

Le lot de transfert représente la quantité de pièces transportées d'un poste de charge à un autre au cours de la fabrication des produits. Ce lot peut être :

- **égal** au lot de fabrication;
- **plus petit** que le lot de fabrication. Dans ce cas, on dit qu'il y a recouvrement des opérations de fabrication.

La notion de petit ou de grand lot varie suivant l'entreprise. Un lot de 10 pièces pour une entreprise fabriquant des produits à la commande avec un cycle de production de 6 mois à un an sera considéré comme un lot important, alors que pour une entreprise travaillant à la commande avec un cycle de production de 15 jours, ce même lot sera considéré comme

très petit. Pour avoir un ordre de grandeur, très discutable compte tenu de ce qu'il vient d'être dit, nous considérerons que, pour la plupart des entreprises travaillant sur stock, un lot :

- de 1 à 500 sera un petit lot;
- de 500 à 5 000 sera un lot moyen;
- au delà de 5 000 sera un lot important.

7.2.3 Détermination du processus de réalisation

C'est à ce stade que l'on choisit le processus de réalisation à adopter pour cet OF en fonction des gammes opératoires possibles (principales et de substitution), de la disponibilité des ressources et du lot de fabrication. Ce choix s'effectue grâce à un graphe de ce type :

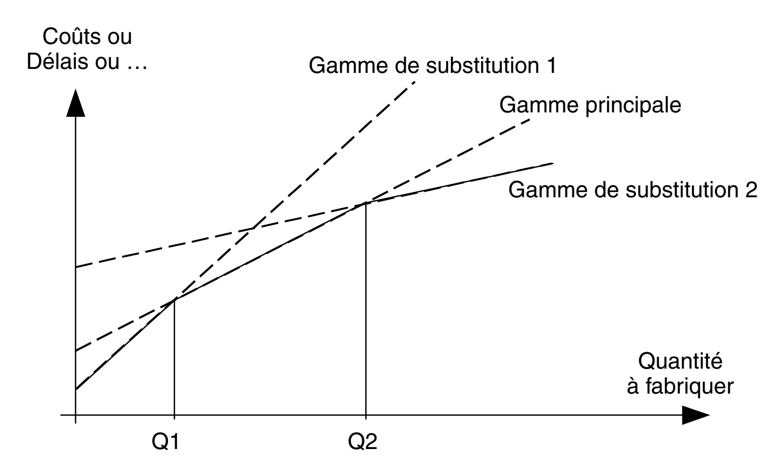


Figure 7.3 Graphe de choix de gamme.

Dans l'exemple ci-dessus, la fonction méthodes a défini trois gammes opératoires pour réaliser le même produit :

- une gamme principale pour les quantités couramment réalisées dans l'entreprise;
- une gamme de substitution 1 pour les petites quantités à fabriquer;
- une gamme de substitution 2 pour les grandes quantités.

Une analyse du critère, induit de la politique de l'entreprise (coût, délai…), nous montre que l'on doit choisir la gamme principale pour le domaine des quantités qui est compris entre Q1 et Q2, la gamme de substitution 1 pour les quantités inférieures à Q1 et la gamme de substitution 2 pour les quantités supérieures à Q2. En fonction de la quantité qui sera à réaliser pour cet OF, nous choisirons donc le processus le mieux adapté à la politique de l'entreprise.

7.2.4 Autres informations

À ce stade sont également déterminés :

- la liste des produits à servir sous forme de Bons de Sortie Matière (BSM) qui permettra de sortir les matières premières et composants du magasin;
- le compte d'imputation qui permettra de calculer le coût de revient de l'OF.

7.3 Représentation GANTT

7.3.1 Règles de représentation

Un planning GANTT se représente dans un plan orthonormé dans lequel :

- Les moyens sont représentés sur l'axe des ordonnées :
  - soit par ordre alphabétique des moyens;
  - soit regroupés par section, centre de charge ou atelier.
- Le temps est représenté en abscisse :
  - soit à partir de 0;
  - soit suivant le calendrier d'ouverture de l'entreprise.

Chaque phase d'OF est représentée par un segment de longueur proportionnelle à la durée.

7.3.2 Le planning est un vecteur de communication

Un planning GANTT est un vecteur de communication :

- vis-à-vis des cadres de l'entreprise (responsables de production, chefs d'équipe…) pour montrer la véritable activité des ateliers;
- vis-à-vis des opérateurs pour donner les informations sur la réalisation des produits.

Le planning doit donc être propre, clair et porter toutes les informations utiles à sa compréhension

Pour cela, il est recommandé de noter au-dessus de chaque segment la référence de la phase concernée [ex : OFx (φ10) ou OFx–10] et au dessous de chaque segment, les unités de temps de début et de fin de réalisation de la phase.

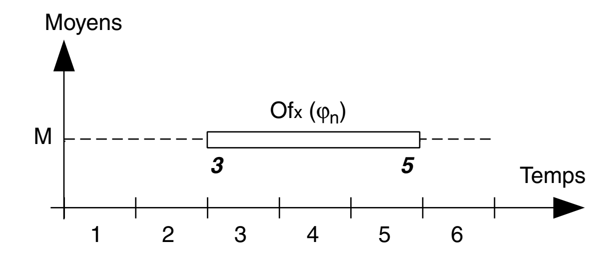


Figure 7.4 Principe de représentation GANTT.

Dans le planning ci-dessus est représenté la phase n de l'OFx de durée trois unités de temps et placé dans l'axe des temps entre les unités 3 et 5 pour le moyen M.

7.4 Élaboration d'un planning

7.4.1 Jalonnement

a) Définition

Le jalonnement des fabrications consiste à élaborer le planning général d'atelier en plaçant chronologiquement dans le temps, pour chaque moyen concerné, les phases d'une gamme de fabrication.

À ce stade, nous ne tenons compte que des délais sans prendre en compte les capacités (nous réalisons un ordonnancement à capacité infinie).

Toutefois il est déjà possible de lancer dans cette fonction des sous-traitances en cas d'absence de moyens ou de saturation déjà connue.

b) Exemple de jalonnements

De façon à mieux comprendre le problème du jalonnement, raisonnons sur un exemple.

Soit 1 OF défini comme ci-joint (la machine M3 sera considérée comme machine goulot).

Le temps inter-opératoire peut être estimé à 1 heure.

OFx		
Phase	**Moyen**	**Temps (h)**
10	M1	3,0
20	M3	1,5
30	M2	2,0

➤ *Jalonnement au plus tôt*

Dans un placement au plus tôt, nous plaçons les fabrications dans l'ordre chronologique des phases de chaque gamme à partir de la date du jour, ou de référence.

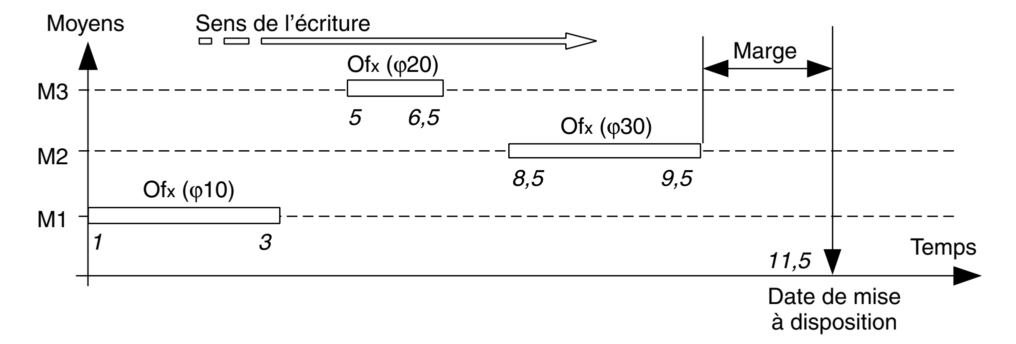


Figure 7.5 Exemple de jalonnement au plus tôt.

Cette technique permet de vérifier s'il est possible de tenir les délais de fabrication annoncés, en supposant qu'il n'y ait pas de problème de fabrication.

➤ *Jalonnement au plus tard*

Dans un placement au plus tard, nous plaçons les fabrications dans l'ordre décroissant des phases à partir de leur date de mise à disposition.

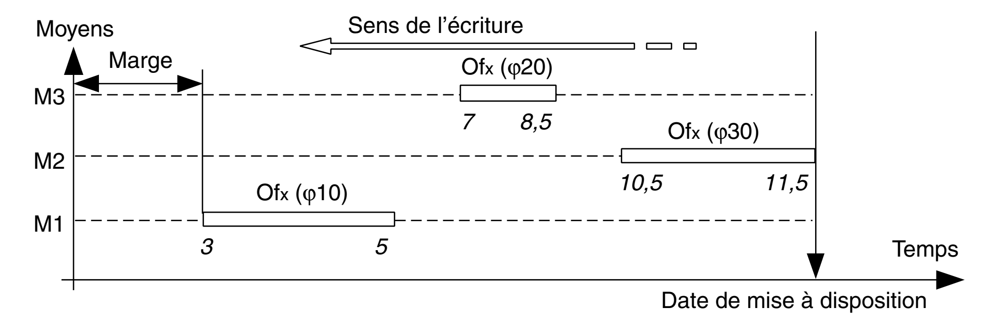


Figure 7.6 Exemple de jalonnement au plus tard.

Si les délais ont été sous-dimensionnés, il est possible de remonter au-delà de la date du jour et dans ce cas, pour cette fabrication, nous sommes obligés de refaire un placement au plus tôt et de négocier une nouvelle date de livraison.

➤ *Jalonnement à partir des machines goulots*

Lorsque quelques moyens de l'entreprise sont considérés comme goulot :

- moyen économiquement onéreux : complexe d'usinage, machine spéciale, moyen à taux d'amortissement élevé;
- moyen de capacité inférieure ou égale à la charge moyenne habituelle;
- moyen n'existant qu'en un seul exemplaire. Il est nécessaire de leur porter une attention toute particulière dans l'élaboration du planning.

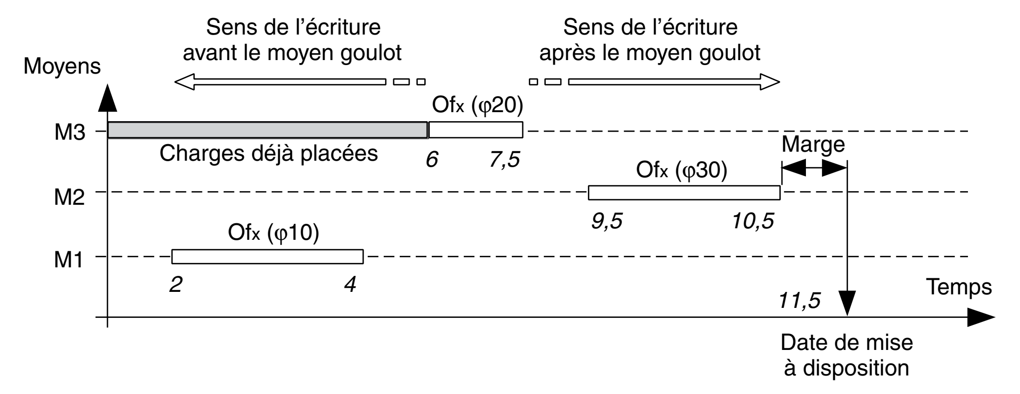


Figure 7.7 Exemple de jalonnement à partir d'une machine goulot.

Dans ce cas, on place en priorité, au plus tôt ou au plus tard, les phases qui sont réalisées sur ces moyens (dans notre exemple, la machine M3) et on place ensuite, les phases en amont au plus tard et celles en aval au plus tôt.

c) Prise en compte des temps inter-opératoire

➤ *Temps inter-opératoires dans un planning « GANTT »*

On ajoute, artificiellement, la valeur du temps opératoire à la fin de la phase qui précède pour déterminer le début de la phase suivante.

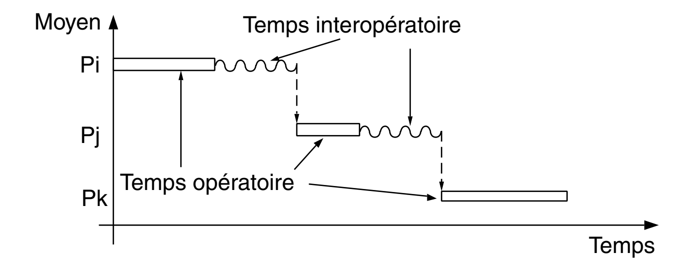


Figure 7.8 Temps inter-opératoires dans un planning « GANTT ».

Remarque : Ces temps ne doivent pas être matérialisés sur le planning, c'est le décalage des phases qui les matérialise.

➤ *Temps inter-opératoires dans un planning en « T »*

Ce type de planning est utilisé le plus souvent pour des lancements par phase en début de période.

Prise en compte dans l'élaboration du planning

Pour placer une phase i dans le planning, on calcule sa date de lancement possible Modulo l'unité de temps d'ordonnancement.

Soit une entreprise planifiant ses fabrications sur un planning en « T » dont l'unité de planification est la semaine (35 h) et dont le temps inter-opératoire est de 3 jours (soit 24 heures). Établir la planification de la gamme X :

Gamme X		
Phase	**Moyen**	**Temps (h)**
10	P1	25
20	P2	10

Si le temps inter-opératoire correspond à 3 jours, soit 24 heures, le temps réel d'exécution de la phase 10 sera de 49 heures. L'unité de planification étant la semaine, on ne pourra lancer la phase 20 que 2 unités de temps après le lancement de la phase 10.

	…	t_i	t_{1+1}	t_{i+2}	…
P1		… *X-10* – 25 h …			
P2				… *X-20* – 10 h …	

Problèmes liés au temps inter-opératoire

Dans ce type de planning, le temps minimum d'exécution d'une fabrication de *n* phases est de *n* unités de temps d'ordonnancement à condition que la durée opératoire de chaque phase soit inférieure à l'unité de planification moins la durée des temps inter-opératoires. Dans notre exemple, la gamme X aurait pu être exécutée en 2 semaines si le temps d'exécution de chaque phase avait été inférieur à 11 heures (35 – 24).

Il est important d'estimer de façon réaliste ces temps inter-opératoires car :

- si ce temps est **surévalué**, on remarque une augmentation importante des délais, entraînant de fait une augmentation des immobilisations financières;
- si ce temps est **sous-évalué**, on risque de générer des retards de disponibilité intermédiaire des fabrications entraînant une désorganisation de l'ordonnancement.

Le cercle vicieux d'un temps inter-opératoire trop long

Pour une bonne utilisation des moyens, nous serons conduits à planifier d'autres fabrications dans une unité de temps d'ordonnancement, c'est-à-dire augmenter les en-cours. Ayant à traiter plus de phases, les temps administratifs risquent d'augmenter, augmentant ainsi les temps inter-opératoires. Il faut donc être très vigilants sur ces temps car cela pourrait se traduire par l'adage suivant :

Plus on est mauvais, plus on tend à l'être encore plus.
Il est donc nécessaire de chercher sans cesse à s'améliorer.

7.4.2 Élaboration d'un planning pour atelier à débit de produit

Cette élaboration correspond à l'ordonnancement de fabrications de N phases mettant en jeu M moyens utilisés en séquentiel.

➤ *Algorithme de Johnson*

Cette technique ne s'applique uniquement que lorsque N = M = 2.

Selon les ouvrages traitant de ce problème, plusieurs algorithmes différents portent le nom d'algorithme de Jonhson. Nous allons les étudier en s'aidant d'un exemple :

Étant donné quatre OF (P1, P2, P3, P4) réalisés en passant successivement sur les postes de charge M1 et M2.

P1 (OF 41)		
Phase	**Moyen**	**Temps**
10	M1	2
20	M2	7

P2 (OF 42)		
Phase	**Moyen**	**Temps**
10	M1	9
20	M2	3

P3 (OF 43)		
Phase	**Moyen**	**Temps**
10	M1	10
20	M2	12

P4 (OF 44)		
Phase	**Moyen**	**Temps**
10	M1	5
20	M2	4

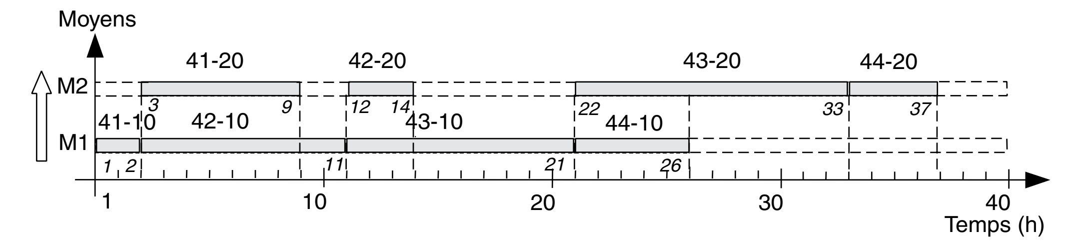


Figure 7.9 Placement des OF dans l'ordre de leur numéro de référence.

On peut constater, que dans ce cas, le moyen M1 est bien occupé mais que le moyen M2 est inoccupé pendant 11 heures. De plus, le temps total de réalisation est de 37 heures.

Algorithme « classique ». Tant qu'il y a une fabrication :

- recherche du temps le plus faible de passage sur les deux machines;
- si le temps concerne la première phase nous commençons par elle;
- si le temps concerne la deuxième phase nous terminons par cette fabrication.

Appliqué à l'exemple, nous trouvons l'ordre : P1, P3, P4, P2

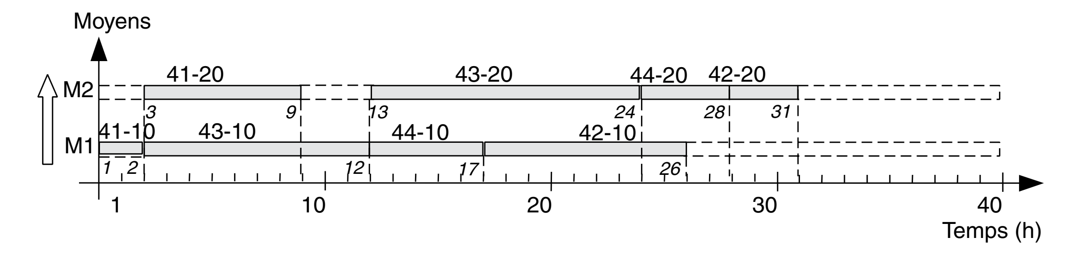


Figure 7.10 Placement des OF dans l'ordre de l'algorithme de Jonhson.

Avec l'algorithme de Jonhson, le temps d'inoccupation du moyen M2 n'est plus que de 5 heures, ce qui permet de réaliser l'ensemble de ces fabrications en 31 heures.

Autre algorithme

- Établir l'ensemble E1 des fabrications dont le temps opératoire sur le premier poste est inférieur ou égal au temps opératoire sur le deuxième poste.
- Établir l'ensemble E2 des fabrications dont le temps opératoire sur le premier poste est supérieur au temps opératoire sur le deuxième poste.
- Trier l'ensemble E1 dans l'ordre croissant des temps opératoires sur le premier poste.
- Trier l'ensemble E2 dans l'ordre décroissant des temps opératoires sur le deuxième poste.
- L'ordre des fabrications est déterminé par l'ordre de E1 trié puis de E2 trié.

Appliqué à l'exemple, nous trouvons :
Ensemble E1 trié en ordre croissant de Tm1 = (P1, P3)
Ensemble E2 trié en ordre décroissant de Tm2 = (P4, P2)
Ce qui donne l'ordre : P1, P3, P4, P2

➤ *Algorithme de Johnson généralisé*

Cette méthode s'applique sur toutes les fabrications dont le processus de production est séquentiel et composé de plus de deux postes de fabrication. Elle peut s'appliquer pour toutes les fabrications en ligne, même si tous les postes de charge ne sont pas utilisés.

Algorithme de Johnson généralisé
Pour chaque fabrication :

- Faire la somme des phases (N).
- Calculer x = N – dernière phase (c'est la somme des n–1 premières phases).
- Calculer y = N – première phase (c'est la somme des n–1 dernières phases).
- Calculer le rapport k = x/y.
- L'ordre des fabrications est défini par l'ordre croissant de ce rapport k.

Étant donné quatre OF (P1, P2, P3, P4) réalisés en passant successivement sur les postes de charge M1, M2 et M3.

P1		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	15
20	M2	12
30	M3	8

P2		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	18
20	M2	9
30	M3	14

P3		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	10
20	M2	15
30	M3	12

P4		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	11
20	M2	15
30	M3	14

En appliquant l'algorithme sous forme de tableau, nous trouvons l'ordre ces fabrications : P4, P3, P2, P1.

	P1	P2	P3	P4
M1	15	18	10	11
M2	12	9	15	15
M3	8	14	12	14
Total	35	41	37	40
X	27	27	25	26
Y	20	23	27	29
X/Y	1,35	1,17	0,92	0,89

7.4.3 Élaboration d'un planning pour atelier en processus

Planification de fabrications de *N* phases mettant en jeu *M* moyens utilisés aléatoirement.

Chaque fabrication doit être terminée pour une date de mise à disposition qui nous permet de déterminer la marge de temps :

marge de temps = (date mise à disposition – durée fabrication) – date courante

➤ *Règles de priorité de prise en compte des commandes*
Critère d'ordonnancement

Il n'y a pas de règles établies dans ce domaine. Il est courant de constater qu'une entreprise utilise une, ou un combinatoire des règles ci-après. Certaines règles ne sont applicables que pour un ordonnancement centralisé, d'autres que pour un ordonnancement décentralisé. Quelques-unes sont applicables dans les deux cas.

Priorité aléatoire

- Priorité calculée par un générateur de nombres aléatoires.

Priorité au temps

- Ordonnancement centralisé :
  – Les lots passent dans l'ordre croissant de leur marge de temps : $S = t_n - a_i - t_0$
  t_n = date demandée de fin d'opération du lot;
  t_0 = date courante;
  a_i = somme des durées des opérations restant à exécuter.

  (Cette règle est peu applicable lorsque les délais inter-opératoires sont conséquents ou il est alors possible de les intégrer dans a_i.)

  – Ordre croissant du ratio : $\dfrac{S}{\text{Nombre d'opérations restant à effectuer dans le lot}}$.

  Ce qui signifie que si plusieurs lots ont la même marge, les lots ayant le plus d'opérations restantes passeront en premier.

  – Ordre croissant du ratio critique : $RC = \dfrac{\text{Durée de fabrication}}{t_n - t_0}$.

  Les fabrications sont à prendre dans l'ordre décroissant du ratio critique. Lorsque ce ratio est > 1, la fabrication ne peut se terminer à la date prévue.

  – Faire passer les lots dont la durée de l'ensemble des opérations restantes est la plus grande.

- Ordonnancement décentralisé :
  - Faire passer les lots ayant la plus petite durée opératoire sur la machine concernée. Rappelons que, sur une seule file d'attente cette règle minimise en moyenne les temps de passage des lots dans l'atelier ainsi que les retards. Pour plus d'une file d'attente cette tendance est confirmée par Conway et Maxwell.
  - On ajoute à la règle précédente, une limite de temps d'attente dans la file. On fait passer en priorité les lots qui ont dépassé cette limite.
  - L'inverse de la précédente (plus grande durée opératoire).

Priorité aux dates

- Ordonnancement centralisé ou décentralisé :
  - Priorité aux lots dont la date de mise à disposition est la plus proche.
  - Priorité aux lots dont la date de début de l'opération est la plus proche.

  Cette date de début prévue est calculée à partir de la date de fin des opérations du lot :
$x_i = t_n - \Sigma (a_i + r_i)$ (avec r_i = temps d'attente associé)

  Pour des lots ayant des x_i égaux, la règle est remplacée par FIFO.

Priorité à l'ordre

- Ordonnancement centralisé :
  - Premier arrivé dans l'atelier, premier servi.
  - Priorité au lot dont le nombre d'opérations à exécuter est le plus petit.
  - Priorité au lot dont le nombre d'opérations à exécuter est le plus grand.
- Ordonnancement décentralisé :
  - Premier arrivé dans la file d'attente, premier servi.
  - Priorité au lot qui ira dans la file d'attente suivante la plus courte. L'objectif est de minimiser les temps morts.

Priorité à l'argent

- Ordonnancement centralisé :
  - Faire passer les lots ayant la plus grande valeur dans le but de réduire la valeur des en-cours.
  - Ordre décroissant des marges.
  - Ordre décroissant du ratio : $\dfrac{\text{Coût d'attente}}{\text{Durée de l'opération à exécuter}}$.

7.4.4 Chargement, équilibrage des charges

a) Capacité

➤ *Capacité théorique*

C'est ce que l'on peut faire au maximum sur un poste de charge par période de référence. Elle est exprimée en nombre d'unités de temps ou en quantité de pièces à réaliser.

Exemple : La capacité théorique d'un poste de tournage pour la semaine S est de 35 heures.

➤ *Capacité réelle*

C'est la capacité qui est prise en compte lors de l'élaboration du planning. Elle correspond à ce que l'on peut faire réellement sur un poste de charge par période de référence compte

tenu des aléas possibles (rebuts, pannes, absentéisme, compétence des opérateurs…). Elle est exprimée dans les mêmes unités que la capacité théorique.

Exemple : La capacité réelle d'un poste de tournage pour la semaine S, avec une capacité théorique de 35 heures et un taux d'arrêts et d'aléa de 10 %, est de 31,5 heures.

b) Charge

➤ *Définition*

C'est la quantité de travail à effectuer sur un poste de charge. Elle est exprimée dans les mêmes unités que les capacités (unités de temps ou quantité de pièces à réaliser) et est obtenue par sommation des charges élémentaires de toutes les fabrications qui doivent être exécutées sur ce poste pour la période considérée.

Exemple : La charge prévue pour la semaine S pour un poste de tournage est de 27 heures.

c) Comparaison Charge/Capacité

➤ *Notion de sous-charge et de surcharge*

Lorsque l'on détermine la charge d'un poste de travail, celle-ci est rarement, voire jamais, égale à la capacité de ce poste. Si elle est inférieure à la capacité, nous dirons que le poste est en sous-charge, alors que dans le cas contraire, nous dirons qu'il est en surcharge.

➤ *Représentation graphique*

La représentation la plus courante est faite sous forme d'histogramme (voir figure 7.11). Sur l'axe vertical, on porte les capacités et charges ; alors que sur l'axe horizontal, on porte les périodes.

➤ *Lissage des charges*

Le calcul de la charge d'un poste s'arrête lorsque celui-ci est chargé pour une période de référence à 100 % de la capacité réelle. Si certains travaux restent à charger dans cette période, une répartition sur d'autres postes de charges ou une répartition des travaux dans le temps est alors recherchée.

➤ *Capacité finie, infinie*

Cette notion n'a de sens que dans la phase de lissage des charges de la fonction « Chargement » de l'ordonnancement (*cf. ci-après*).

Si aucun lissage n'est effectué, nous considérons que la capacité des postes de charge est infinie (ou illimitée) ; dans le cas contraire, nous considérons que la capacité des postes de charge est finie (ou limitée).

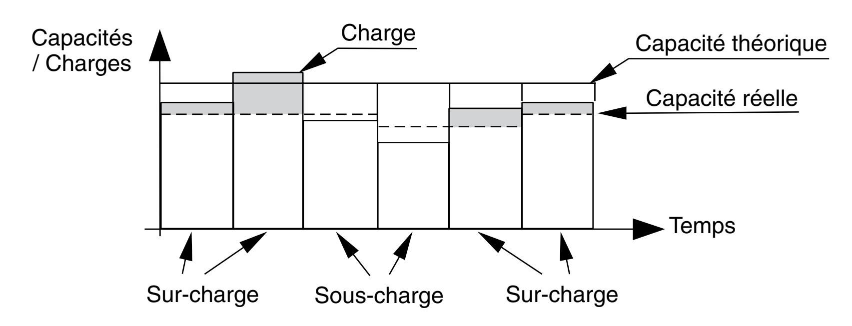


Figure 7.11 Représentation Capacité/Charge.

➤ *Niveau d'utilisation des moyens*

Il est possible d'étudier l'utilisation des moyens à travers trois taux :

Taux de charge d'un moyen : $Tc = \frac{\sum \text{charges}}{\text{Capacité réelle}}$

Taux d'utilisation d'un moyen : $Tu = \frac{\sum \text{charges}}{\text{Capacité théorique}}$

Taux de disponibilité d'un moyen : $Td = \frac{\text{Capacité réelle}}{\text{Capacité théorique}}$

Ces trois taux s'enchaînent de la manière suivante : $Tu = Tc \times Td$.

Le taux de charge d'un moyen permet de porter jugement sur son niveau d'activité. Le coefficient idéal est de 1; si ce coefficient est inférieur à 1, le moyen est en sous-charge alors que s'il est supérieur à 1, le moyen est en surcharge. Attention, un moyen peut être en surcharge alors que le taux d'utilisation peut être nettement inférieur à 1; dans ce cas, le taux de disponibilité est trop faible (il faut chercher à diminuer les temps d'arrêts).

Exemple d'application

Pour un poste de tournage dont il est prévu une charge de 27 heures pour une capacité réelle de 31,5 heures et une capacité théorique de 35 heures :

Taux de charge : $Tc = \frac{27}{31{,}5} = 0{,}858$ soit 85,8 %

Taux d'utilisation : $Tu = \frac{27}{35} = 0{,}772$ soit 77,2 %

Taux de disponibilité : $Td = \frac{31{,}5}{35} = 0{,}90$ soit 90 %

$Tu = Tc \times Td = 0{,}858 \times 0{,}9 = 0{,}772$

Exemple récapitulatif

Une petite entreprise de sous-traitance possède 1 tour et une fraiseuse. Spécialisée dans la mécanique de précision, elle exécute des pièces qui passent successivement sur le tour et la fraiseuse. L'horaire hebdomadaire de travail est de 35 heures réparties en 5 jours de 7 heures.

Chaque opérateur est responsable de sa machine et, de ce fait, assure un nettoyage journalier qui représente 12 minutes pour le tour et 15 minutes pour la fraiseuse. Il faut compter également un arrêt d'environ 1/2 heure par jour pour différentes causes.

Le fraiseur assure, chaque jour, des fonctions d'encadrement qui représentent 30 % de l'horaire de travail théorique.

Cette entreprise vient de recevoir une commande de 200 pièces P1 et 100 pièces P2 qui sont fabriquées conformément aux gammes de fabrication suivantes [pour les temps en centiheures (1 ch = 1/100 d'heure)] :

Gamme Fabrication P1			
Phase	Moyen	Temps	
		Régal	Opér
10	Tour	1 h	8 ch
20	Frais	2 h	6 ch

Gamme Fabrication P2			
Phase	Moyen	Temps	
		Régal	Opér
10	Tour	1 h	8 ch
20	Frais	2 h	7 ch

Quels sont les postes de charge ?

Nous avons, ici, un poste de tournage et un poste de fraisage. La fonction d'agent de maîtrise n'est pas un poste de charge car elle fait partie des tâches d'encadrement.

Calculer les capacités, charge et les taux de chaque poste et de l'entreprise

Remarque 1 : Pour obtenir les résultats de l'entreprise, il suffit d'additionner les résultats de chaque poste de charge.

Remarque 2 : Il est à noter que le Directeur d'une entreprise raisonne sur des résultats globaux, alors que le chef d'équipe raisonne sur des résultats par poste de charge. Dans cet exemple, le Directeur peut conclure que son entreprise est en sous-charge, alors qu'en fait elle est en surcharge au niveau du fraisage.

	Tournage	Fraisage	Entreprise
Capacité Théorique	35,0 h	35,0 h	70,0 h
Nettoyage	1,0 h	1,5 h	2,5 h
Perte de temps	2,5 h	2,5 h	5,0 h
Fonction maîtrise		10,5 h	10,5 h
Capacité Réelle	31,5 h	20,5 h	52,0 h
OF : 200 P1	17,0 h	14,0 h	31,0 h
OF : 120 P2	9,0 h	9,0 h	18,0 h
Σ Charges	26,0 h	23,0 h	49,0 h
Taux de disponibilité	90,0 %	58,6 %	70,0 %
Taux de charge	82,6 %	112,2 %	94,3 %
Taux d'utilisation	74,3 %	65,8 %	70,0 %

d) Répartition des charges sur plusieurs unités de temps

➤ *Objectif*

Lorsqu'une fabrication doit être réalisée sur plusieurs unités de temps, il est nécessaire de répartir, de manière régulière, les charges induites par cette fabrication sur la durée totale de la fabrication avant d'effectuer un lissage des charges.

➤ *Exemple*

OF x			
Phase	Moyen	Temps (h)	Libellé
10	M1	10	xxx
20	M2	12	xxx
30	M3	8	xxx

OF à faire en 4 unités de temps

Temps inter-opératoires estimés à 3 heures

➤ *Méthode*

- Calcul de la durée du cycle de fabrication.
- Calcul du cycle maximum par unité de temps = $\dfrac{\text{Durée du cycle de fabrication}}{\text{Délai prévu pour cette fabrication}}$.
- Répartition des charges par unité de temps.

➤ *Application*

- Cycle de fabrication : 10 + 3 + 12 + 3 + 8 = 36 heures.
- Cycle maxi par unité de temps : $\dfrac{36}{4}$ = 9 heures.
- Répartition des charges.

	Unité 1	Unité 2	Unité 3	Unité 4	Total
M1	9	1			10
M2		5	7		12
M3				8	8
Tiop		3	2	1	6
Total	9	9	9	9	36

Remarque : Les lignes Tiop et total ne sont à considérer que pour le calcul de la répartition des charges.

e) Chargement – Lissage des charges

Le chargement consiste à adapter la charge prévisionnelle de fabrication préparée par le jalonnement à la capacité de l'atelier de production (on parle alors d'ordonnancement à capacité finie).

Nous avons vu précédemment que le calcul de la charge d'un poste s'arrête lorsque celui-ci est chargé pour une période de référence à 100 %. Lorsqu'un poste est en sous-charge, il n'y a pas de problème de planning. Par contre, si un poste est en surcharge pour une période, il n'est pas possible de réaliser la totalité des fabrications durant cette période.

Le lissage des charges consiste à trouver une solution qui permet de réaliser, malgré tout, les fabrications concernées par la surcharge. Il est possible :

- d'augmenter la capacité :
  - d'avoir recours aux heures supplémentaires, si les employés l'acceptent ;
  - passage en travail posté ;
  - diminution des temps d'arrêt (viser à faire tendre la capacité réelle vers la capacité théorique) ;
- de diminuer les charges :
  - de répartir les fabrications sur d'autres postes de charges pouvant effectuer le travail et qui sont, eux, en sous-charge ;
  - de répartir les fabrications dans le temps en tenant compte de l'élasticité du PERT (marge libre, marge totale). Le déplacement vers la droite, ou vers la gauche, sera fonction du mode de jalonnement (au plus tôt, au plus tard) ;

– diminuer les temps de réalisation ;
– de faire appel à la sous-traitance ;
– de renégocier les délais du contrat ou refuser la commande (à éviter).

Cette comparaison s'effectue par rapport à la capacité réelle de chaque poste et la solution est souvent arbitraire.

➤ *Analyse de la possibilité de lissage par décalage*

Avant d'entamer une recherche de lissage par décalage (solution à envisager en tout premier lieu), il est préférable de vérifier s'il existe une solution potentielle avec cette technique. Pour cela, nous traçons la courbe cumulée des capacités et des charges :

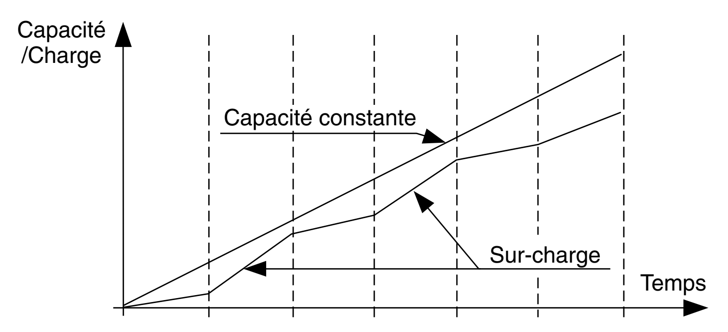


Figure 7.12 Courbe cumulée des capacités et charges (chargement au plus tôt).

Si la courbe cumulée des charges est sous la courbe cumulée de la capacité réelle, il existe une solution potentielle par décalage (sous réserve du respect des dates de fin de fabrication). Par contre, si la courbe des charges passe au-dessus de la courbe des capacités, il est inutile d'entamer une recherche de solution par décalage.

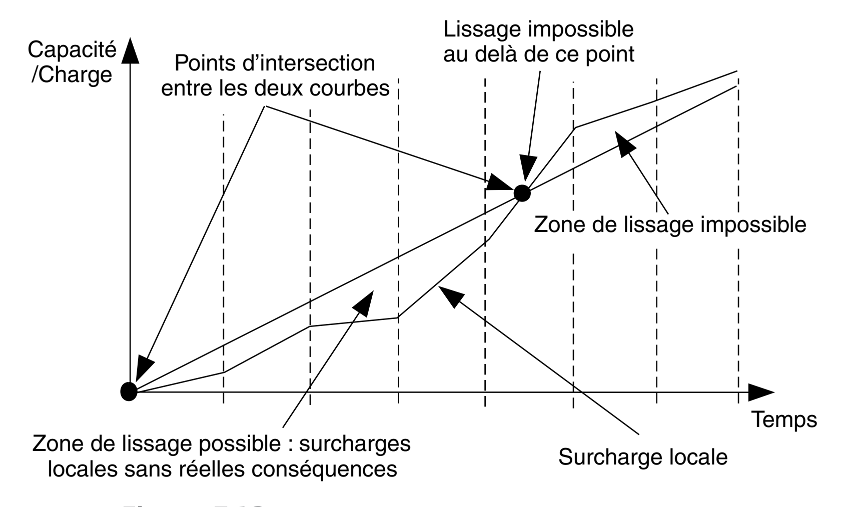


Figure 7.13 Courbe cumulée des capacités et charges (cas d'impossibilité de décalage).

f) Prise en compte de la compétence des opérateurs

Pour adapter le planning aux capacités de l'atelier, il faut tout d'abord comparer la charge prévue pour un poste avec sa capacité réelle.

La charge prévisionnelle d'un poste a été établie à partir des temps opératoires spécifiés par la gamme de fabrication. Ceux-ci ont été calculés à partir d'abaques sans tenir compte du niveau de qualification de l'opérateur qui exécutera le travail. Pourtant, il est possible qu'un poste soit conduit par un opérateur hautement qualifié (dans ce cas les temps seront tous surévalués) ou par un opérateur débutant (dans ce cas les temps seront tous sous-évalués). Il est possible alors de se rendre compte que des surcharges de poste peuvent être acceptables et que des sous-charges de poste peuvent s'avérer être des surcharges réelles.

Afin d'éviter des erreurs d'interprétation, il est possible d'utiliser un taux correcteur de chargement, qui permettra de modifier artificiellement les valeurs de la charge, ou de la capacité d'un poste. Ce taux est défini comme le rapport entre le temps réellement passé pour effectuer une tâche et le temps prévu pour effectuer cette même tache.

Dans l'entreprise de l'exemple récapitulatif précédent, nous considérons que le tourneur est nouvellement embauché et son savoir-faire ne lui permet pas d'effectuer les pièces dans les temps indiqués par le bureau des méthodes.

Que deviennent les résultats trouvés si nous estimons que cet opérateur va 20 % moins vite que la normale ?

Le taux correcteur de chargement est, pour le poste de tournage, de 1,2.

Pour tenir compte de la compétence de l'opérateur, il suffira de multiplier chaque temps élémentaire par ce taux, ou de diviser la capacité du poste par ce taux. Pour des raisons de simplicité, il est plus courant d'appliquer la seconde méthode. De plus, il est possible d'utiliser cet artifice pour intégrer, au niveau de la planification sans modifier les gammes de fabrication, la période d'apprentissage d'une fabrication en grande série.

En conséquence, les résultats précédents deviennent :

	Tournage	Fraisage	Entreprise
Capacité Théorique	35,0 h	35,0 h	70,0 h
Nettoyage	1,0 h	1,5 h	2,5 h
Perte de temps	2,5 h	2,5 h	5,0 h
Fonction maîtrise		10,5 h	10,5 h
Capacité Réelle	31,5 h	20,5 h	52,0 h
OF : 200 P1 OF : 120 P2	17,0 h 9,0 h	14,0 h 9,0 h	31,0 h 18,0 h
Σ Charges	26,0h (31,2h)	23,0 h	49,0h (54,2h)
Taux de disponibilité	90,0 %	58,6 %	70,0 %
Taux de charge	99,1 %	112,2 %	104,3 %
Taux d'utilisation	89,2 %	65,8 %	77,5 %

g) Élaboration d'un planning pour atelier en position fixe

➤ *Planification de fabrications de 1 ou N phase(s) mettant en jeu 1 moyen*

Généralement, les fabrications concernent des produits dont l'investissement est faible avec une très forte valeur ajoutée due aux salaires.

Nous avons recours, dans ce cas à la technique PERT pour déterminer les dates et délais caractéristiques de la fabrication.

Par contre, le problème consiste souvent à déterminer le nombre d'employés nécessaires à la réalisation de la fabrication dans les délais. En effet, nous pouvons remarquer que la superposition des tâches dans le temps nous permet de déterminer la courbe des moyens nécessaires. Celle-ci est rarement régulière et nécessite un lissage afin d'obtenir une charge la plus régulière possible, c'est-à-dire une dispersion la plus faible autour de la charge moyenne. Celle-ci est obtenue comme le rapport entre la charge totale et la durée totale.

Un raisonnement mathématique, qui n'est pas notre propos ici, nous montre que la somme des carrés d'une suite de n nombres est minimale lorsque tous les nombres de la suite sont égaux à la moyenne.

Exemple : Soit les trois suites : (1,3,5), (2,3,4), (3,3,3) ayant toutes les trois une moyenne de 3. Les sommes des carrés sont :

$$1^2 + 3^2 + 5^2 = 35$$

$$2^2 + 3^2 + 4^2 = 29$$

$$3^2 + 3^2 + 3^2 = 27$$

Exemple d'application

Dans l'exemple étudié au chapitre précédent, nous affectons un nombre d'opérateurs nécessaires à la réalisation de chaque tâche.

Tâche	A	B	C	D	E	F	G
Nombre d'opérateurs	7	5	2	4	2	5	3

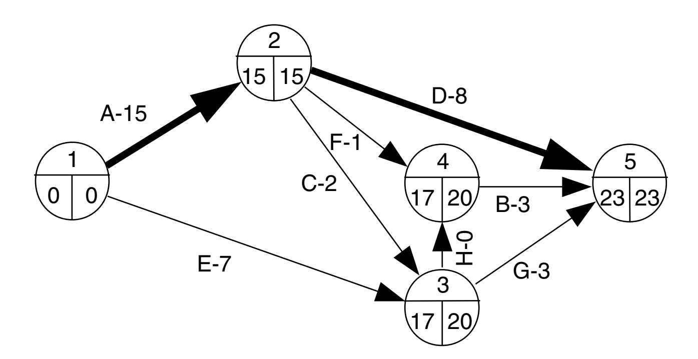


Figure 7.14 Graphe PERT de l'exemple.

Nous positionnons toutes les tâches au plus tôt afin de calculer les charges induites par unité de temps. Ensuite, nous calculons la moyenne et la somme des carrés des charges.

Moyenne de charge = $\frac{186}{23} = 8$ La somme des carrés des charges = 1 628.

Nous déplaçons les tâches d'une unité de temps vers la droite en prenant en priorité les tâches qui ont le plus de marge libre et en déplaçant, en dernier les tâches qui ont une marge totale en s'assurant que les dépendances sont respectées.

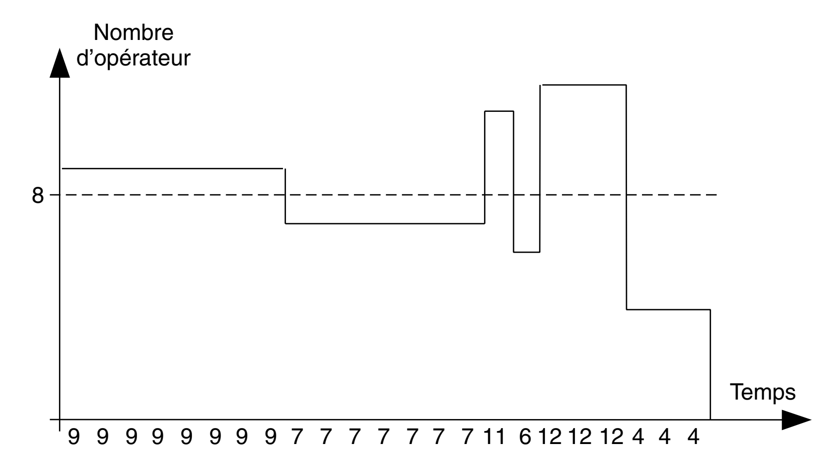


Figure 7.15 Calcul des charges dans une planification avec la méthode PERT.

Lors du déplacement d'une tâche, nous recalculons la somme des carrés des charges. Si celle-ci a diminué, nous continuons de déplacer cette tâche. Lorsque cette somme augmente, nous revenons à l'état précédent et nous choisissons une autre tâche.

Lorsque nous sommes arrivés à un minimum général, nous avons la courbe de charge la plus régulière.

Nous obtenons, après équilibrage, cette nouvelle répartition :

Tâche	A	B	C	D	E	F	G
Date de début	0	20	16	15	0	15	17

qui correspond à une somme des carrés des charges de 1 530.

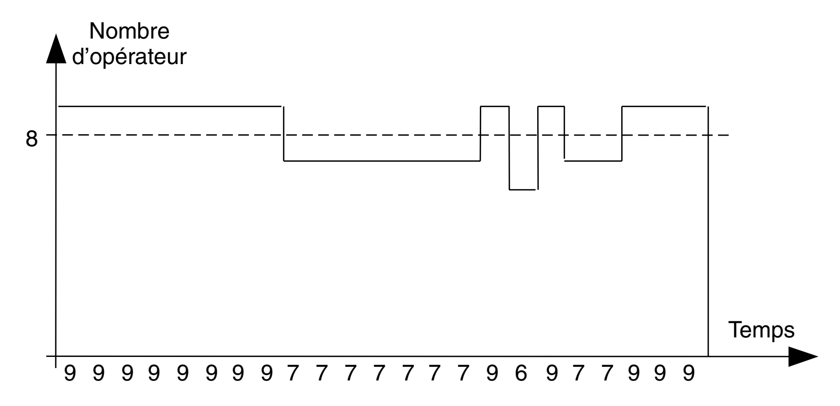
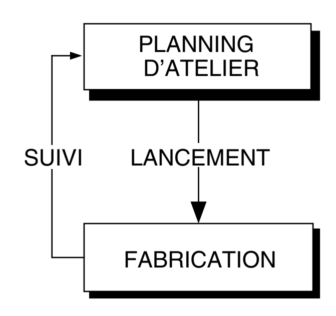


Figure 7.16 Équilibrage des charges dans une planification avec la méthode PERT.

7.5 Exécution d'un planning d'atelier

L'exécution du planning consiste à mettre en œuvre les procédures permettant de faire travailler le système de production conformément aux prévisions établies. Ces procédures correspondent aux opérations de « **lancement** » en fabrication et de « **suivi** » de la fabrication suivant l'enchaînement simplifié ci-contre :



7.5.1 Lancement en fabrication

a) Définition

Suite aux indications fournies par le suivi, le lancement consiste, comme son nom l'indique, à distribuer les documents nécessaires à la bonne exécution des fabrications conformément aux prévisions établies sur le planning de façon à synchroniser la circulation des pièces entre les postes et d'assurer ainsi, la continuité du flux physique.

Il est possible, à ce stade, d'envisager le changement éventuel de machine en cas d'indisponibilité de celles prévues initialement, ou pour anticiper le début de fabrication, à condition d'avoir spécifié des machines de substitution dans la gamme de fabrication et que celles-ci soient en sous-charge.

De même, cette fonction effectue un dialogue permanent avec la fabrication dans le cas de rattrapage de retards. Si les retards ne peuvent être résolus dans l'atelier, le lancement étudiera toutes les possibilités d'absorption dans des limites qui ne remettent pas en cause le chargement. Au-delà de ces limites, il faudra revoir la planification des fabrications. Le lancement se fait entre 1 et 3 unités. Pour une unité de lancement, il est possible d'accorder 2 unités de marge avant la fin de la fabrication prévue, au delà on recharge.

b) Techniques de lancement

Ce lancement peut se faire :

- **par plan :** Il n'existe pas vraiment de consignes de travail. Le début d'exécution est déclenché lors de la remise d'un plan de réalisation à un poste susceptible de réaliser le produit. Dans ce cas il n'est guère possible de faire des prévisions et il n'existe généralement pas de planning, ou, sil en existe un, nous pouvons émettre beaucoup de doutes quant à sa représentativité;
- **par ordre de fabrication :** les consignes de fabrication sont transmises au premier poste de transformation sous forme d'une fiche suiveuse accompagnée de tous les documents nécessaires à la réalisation (plan, Bon de sortie matière, fiche de description de phase…).

Dès que l'opérateur du poste a terminé le travail, décrit sur la fiche suiveuse, qui lui était demandé, il transmet cette fiche au poste suivant en même temps qu'il transfère le produit à fabriquer. Ce type de lancement diminue les contrôles administratifs mais demande une compétence et une attention soutenue de l'agent de maîtrise. Cette technique est acceptable

Fiche suiveuse	
Produit fini :	OF N° :
	Date de mise à disposition :
Pièce de l'OF :	Lot de fabrication :
	Lot de transfert :
N° Plan + Repère pièce :	N° Commande / N° Client :
Date & Nom préparateur :	N° Compte d'imputation :

Phase	Poste charge	Prévision						Réalisation					
		Temps			BSM	Libellé	Date début	Matricule	Date début	Date fin	Temps passé	Pièces bonnes	Cause écart / Observations
		Série	Unit	Total									

Figure 7.17 Exemple de fiche suiveuse.

dans une PMI ou dans une entreprise ayant peu d'en-cours et dont les cycles de réalisation sont courts.

Cette technique peut se modéliser de la manière suivante :

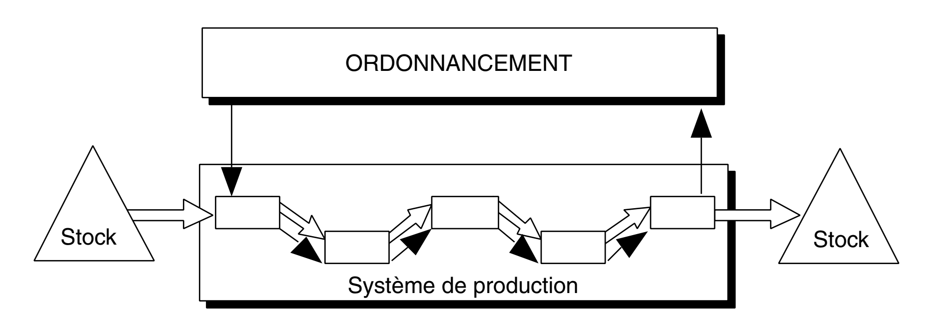


Figure 7.18 Lancement par OF.

- **par phase de travail :** les consignes de fabrication sont transmises au début de chaque période de temps à chaque poste de transformation sous forme de bons de travail accompagnés de tous les documents nécessaires à la réalisation (plan, Bon de sortie matière, fiche de description de phase…). Chaque bon de travail correspond à une phase d'une gamme de fabrication.

Cette technique, plus courante dans les grandes entreprises, nécessite des règles organisationnelles strictes puisque l'ordonnancement est réalisé par plusieurs personnes. Elle a l'inconvénient d'allonger les cycles de réalisation, elle sera donc privilégiée pour les entreprises ayant beaucoup d'en-cours et des cycles de production élevés.

Bon de travail	
Produit fini :	OF N° :
	Date de mise à disposition :
Pièce de l'OF :	Lot de fabrication :
	Lot de transfert :
N° Plan + Repère pièce :	N° Commande / N° Client :
Date & Nom préparateur :	N° Compte d'imputation :

Phase	Poste charge	Prévision					
		Série	Temps Unitaire	Total	BSM	Date début	Libellé
		Réalisation					
		Matricule	Date début	Date fin	Temps passé	Pièces bonnes	Cause écart / Observations

Figure 7.19 Exemple de bon de travail.

Cette technique peut se modéliser de la manière suivante :

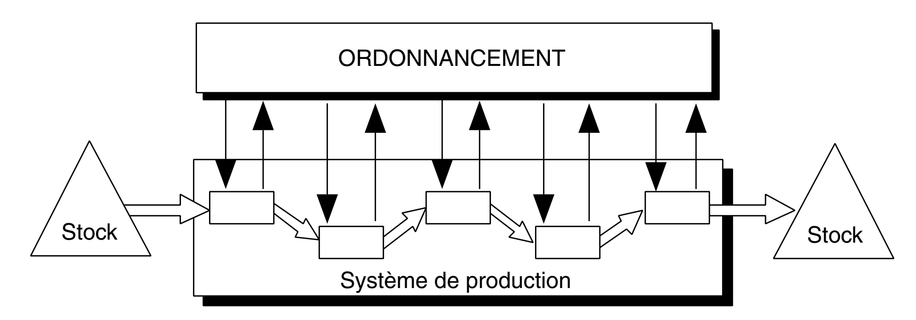


Figure 7.20 Lancement par phase d'OF.

c) Quand effectuer le lancement

Que le lancement soit effectué par phase d'OF ou par OF, il est possible de le faire par unité de temps ou à tout moment. Cela dépend des choix, mais surtout des contraintes de l'entreprise.

➤ *À tout moment*

Dans le cas d'un lancement à tout moment, le lancement s'effectue en temps réel dès l'apparition d'un événement déclencheur (demande d'un opérateur, date de déclenchement d'un OF, lancement d'un bon de travail à la fin d'exécution de son prédécesseur…).

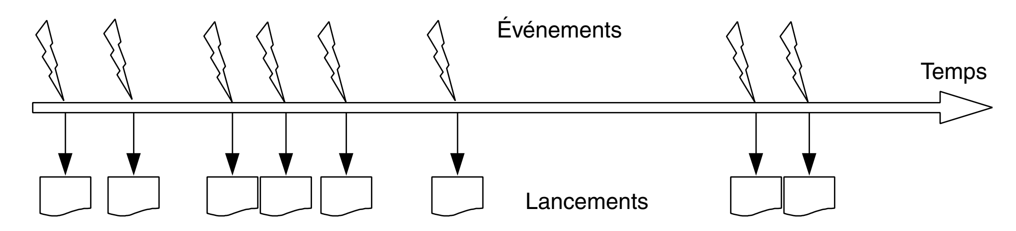


Figure 7.21 Lancement en fabrication à tout moment.

➤ *Par unité de temps*

Dans ce cas, les lancements s'effectuent suivant une fréquence prédéfinie (le jour, la semaine…). Tous les événements déclencheurs sont mis en attente pour définir la liasse des documents à fournir.

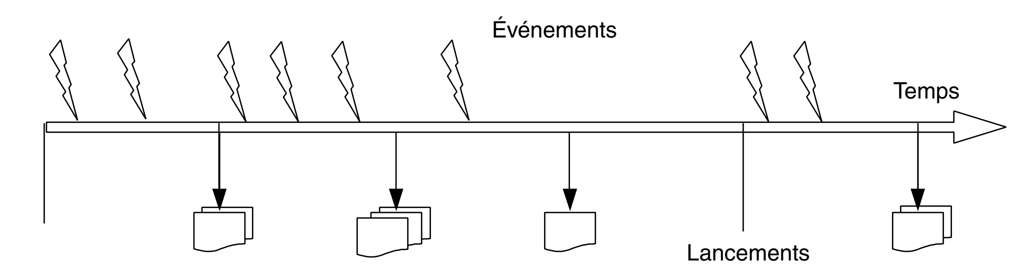


Figure 7.22 Lancement en fabrication à tout moment.

7.5.2 Suivi de production

a) Définition

Toujours lié à la fonction lancement, le suivi de production a pour but d'informer les responsables de l'entreprise de l'état d'avancement des travaux. Il est nécessaire de suivre avec beaucoup de soins les fabrications qui nécessitent une attention toute particulière du fait de leur importance (urgence, chemin critique).

Le suivi de production peut avoir trois objectifs :

- Le suivi technique. Les indications fournies par ce suivi doivent permettre :
  - de définir les ordres suivants à lancer en fabrication ;
  - de mesurer l'efficience de l'outil de production ;
  - de pouvoir renseigner les clients sur l'état d'avancement de la réalisation de leurs commandes.
- Le suivi comptable. Les indications fournies par ce suivi doivent permettre :
  - de déterminer les coûts de production.
- Le suivi de la main d'œuvre. Les indications fournies par ce suivi doivent permettre :
  - d'établir les informations nécessaires à l'établissement des salaires des employés.

b) Suivi technique

Il consiste à rassembler les indications concernant l'état d'avancement des travaux. Les types de suivi diffèrent suivant les types de lancement en fabrication.

➤ *Lancement par Ordre de fabrication*

Suivi par fiche suiveuse. Les opérateurs remplissent, à chaque début de phase, la date de début effective des travaux et en fin de phase la fin et la durée effectives des travaux sur la fiche suiveuse. À cette occasion, il renseigne, également, le nombre de pièces bonnes qu'il a réalisé et les éventuels aléas qu'il a rencontrés pouvant justifier les écarts par rapport aux prévisions annoncées.

A1	Mauvais approvisionnement
A2	Retard d'approvisionnement
A3	Pièces non disponibles au poste
F1	Problème de machine
F2	Outil cassé
P1	Outillage non disponible
P2	Anticipation de préparation
Q1	Problème de qualité
Q2	Reprise de fabrication
V	Visiteurs
Z	Autre (à préciser sur fiche)

Figure 7.23 Exemple de codes aléas utilisables en suivi de production.

Cette technique a l'inconvénient de ne pas fournir une connaissance de l'avancement des travaux avant la fin d'exécution de l'OF. On peut donc être amené à avoir recours à des « Chasseurs de pièces » pour connaître, à un moment donné, l'état d'avancement précis d'une réalisation.

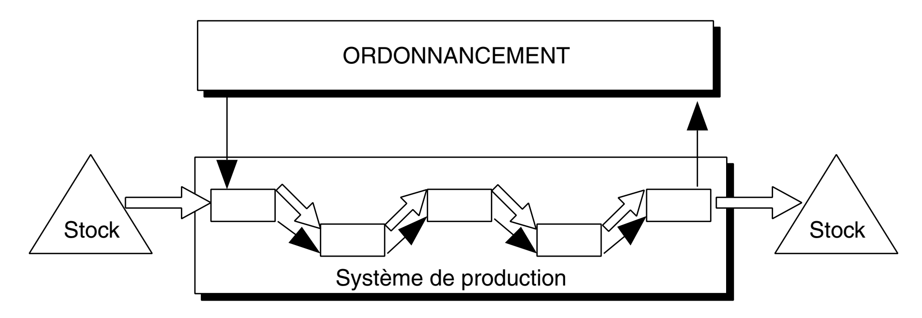


Figure 7.24 Suivi par fiche suiveuse.

Suivi par fiche suiveuse et remontée d'information par phase. Pour pallier à l'inconvénient précédent, il est possible de faire une remontée d'information à chaque fin de phase tout en gardant un suivi par fiche suiveuse tout au long de la réalisation. Cette remontée d'information n'ayant pour seul objectif de connaître, à un moment donné, l'état d'avancement précis d'une réalisation.

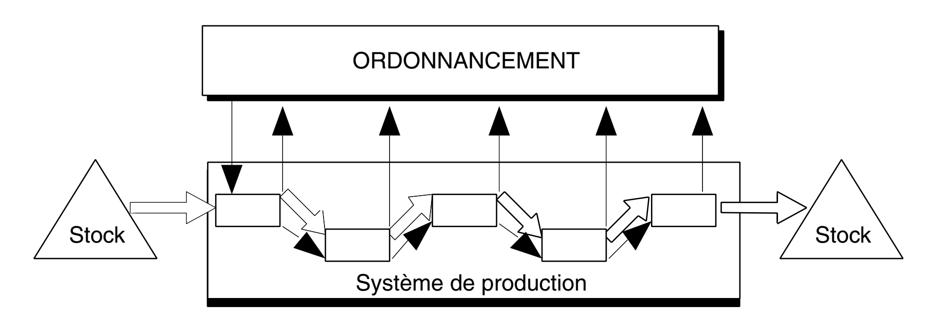


Figure 7.25 Suivi par fiche suiveuse et remontée d'information par phase.

Suivi par « bornage ». Cette technique est surtout utilisée pour les productions qui ne nécessitent pas un suivi très détaillé. Ce suivi consiste à définir des stades d'avancement technique très précis de la réalisation (appelés « bornes ») et de noter les dates d'avancement de la production par rapport à ces bornes.

➤ *Lancement par phase de travail*

Dans ce type de lancement, l'avancement technique est fait à chaque remontée des bons de travail à l'ordonnancement.

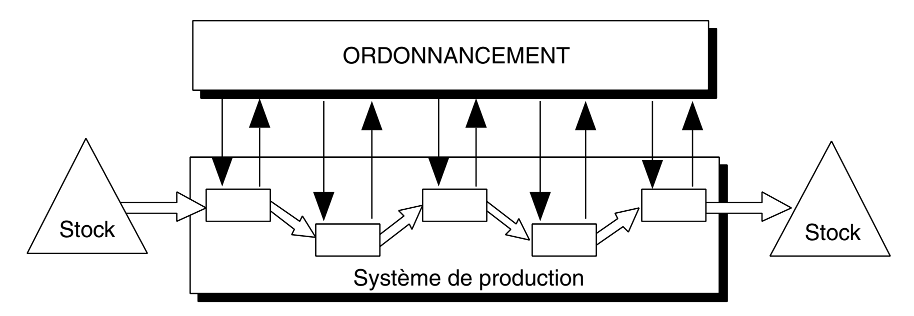


Figure 7.26 Lancement par phase d'OF.

Remarque de l'auteur : Attention de ne pas déduire l'avancement technique d'un produit par comparaison du nombre d'heures déjà effectuées et du nombre d'heures prévues.

c) Suivi comptable

Ce suivi consiste à rassembler les indications concernant les temps de réalisation des travaux afin de pouvoir déterminer les coûts de revient des produits. La connaissance immédiate de l'information étant moins impérative, ce suivi est souvent un résultat du suivi technique.

Pour les lancements à l'OF, les informations seront portées sur la fiche suiveuse alors que pour les lancements par phase de travail, on recopiera les informations notées sur les bons de travail sur une fiche suiveuse récapitulative.

Cette fiche suiveuse sera ensuite envoyée à la comptabilité pour déterminer les coûts de revient des produits.

d) Suivi de la main d'œuvre

Il consiste à rassembler les indications concernant les temps de présence des opérateurs afin d'établir les informations nécessaires à l'établissement des salaires des employés.

Ce suivi peut être réalisé grâce aux informations portées sur la fiche suiveuse ou à partir de fiches de pointage. Celui-ci est souvent confondu avec le suivi comptable, ce qui n'est pas sans créer de nombreux problèmes au sein de l'entreprise. En effet :

- le suivi par fiche suiveuse, ayant comme objectif la détermination des coûts de revient doit avoir des temps de réalisation les plus proches de la réalité. Pour cela, ce type de suivi doit être mis en place qu'après une concertation avec les opérateurs et généralement, dans ce cas, les temps notés sur les fiches suiveuses ou les bons de travail reflètent vraiment la réalité;
- le suivi par fiche de pointage, ayant pour objectif la détermination du salaire des ouvriers, doit refléter les temps de présence des opérateurs. Or, l'entreprise profite, souvent, de

cette fiche de pointage pour connaître le temps passé sur chaque OF. Il ne faut pas se leurrer, l'employé devant justifier un temps de présence journalier ne mettra jamais les temps d'inactivité sur sa fiche et augmentera, naturellement et artificiellement, les temps de réalisation des OF (les coûts de revient seront donc tous faux).

En conclusion, il ne faut pas mélanger les genres et ne faire dire à chaque suivi que ce qu'il a à dire.

Feuille de pointage						
Matricule :			Nom :			
Semaine :			Poste de charge :			
OF	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
Total						

Figure 7.27 Exemple de fiche de pointage.

7.6 Kanban

7.6.1 Remarque préliminaire

Il ne faut pas confondre **Kanban** et **Juste-À-Temps**. Le concept Juste-À-Temps consiste à livrer, fabriquer, approvisionner juste au moment du besoin (ne pas fabriquer ni trop tôt ni trop tard). Il existe plusieurs outils pour atteindre le Juste-À-Temps et Kanban **n'est qu'un de ces outils**.

7.6.2 Fonctionnement de base

a) Modélisation du système industriel

Tout système industriel peut être considéré comme une succession de postes de travail qui s'enchaînent de façon à élaborer progressivement un produit.

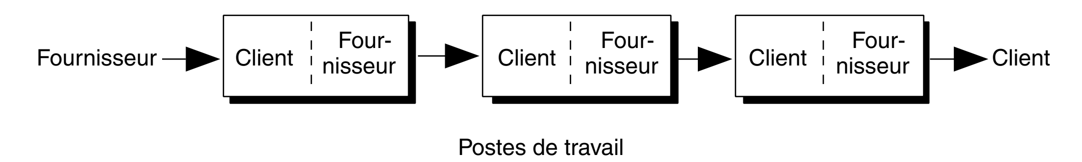


Figure 7.28 Modélisation du système industriel.

Chaque poste fabrique un composant, ou une partie du produit, qui sera utilisé ultérieurement par un poste suivant. Chaque poste joue donc simultanément un rôle de fournisseur pour le, ou les, poste(s) suivant(s) et un rôle de client pour le, ou les, poste(s) précédent(s).

b) Relations Client/Fournisseur

Le client passe commande à un fournisseur par l'intermédiaire d'un bon de commande et le fournisseur livre le client en joignant à la marchandise un bon de livraison.

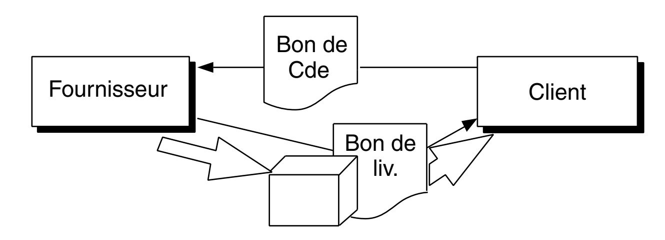


Figure 7.29 Relation Client/Fournisseur.

c) Application au système Kanban

Le système Kanban est une méthode basée sur le réapprovisionnement sur point de commande. Le client passe une commande au fournisseur grâce à un kanban (fonction « Bon de commande ») et le fournisseur livre les produits avec un kanban (fonction « Bon de Livraison »).

d) Composition d'un Kanban

Le Kanban doit assurer, comme on vient de le voir, une fonction « Bon de Commande » et une fonction « Bon de Livraison ». Un kanban se présente donc simplement sous la forme d'un document de ce type :

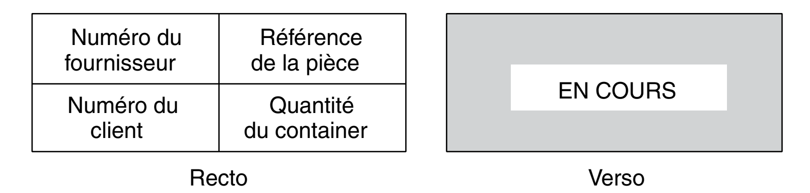


Figure 7.30 Composition d'un Kanban.

La méthode Kanban tient son nom de ce document puisque Kanban signifie « carte », « fiche », « enseigne » ou « étiquette » en japonais.

e) Fonctionnement élémentaire

- Le client passe commande à un fournisseur avec un kanban.
- Lorsqu'il est prêt à travailler, le fournisseur analyse son carnet de commande (ensemble des Kanbans reçus) et exécute une des commandes qui lui a été passée.
- Quand le travail est terminé, le fournisseur envoie les pièces demandées dans un container accompagnées d'un bon de livraison (kanban).

f) Le TOP (Tableau d'Ordonnancement de la Production ou tableau des Kanbans)

Chaque poste fournisseur possède un TOP, Tableau d'Ordonnancement de la Production ou Planning des Kanbans, qui lui sert de carnet de commande. C'est un espace comprenant des emplacements prévus pour recevoir les Kanbans correspondants aux demandes de production.

La présentation d'un TOP peut se présenter suivant un planning de fiches en « T » ou un planning GANTT.

Tableau d'Ordonnancement de la Production du poste de travail M			
Pièce Référence 1	Pièce Référence 2	Pièce Référence 3	Pièce Référence *n*

Figure 7.31 Description d'un TOP en « T ».

Dans ce TOP, nous remarquons que le poste de travail M peut fabriquer les pièces de référence 1, 2, 3, *n*.

De plus, nous voyons qu'il y a deux emplacements de prévus pour recevoir des kanbans correspondant à la pièce de référence 1. Par similitude, il y en a 4 pour les pièces Référence 2, 3 pour les pièces Référence 3 et Référence *n* (pour plus de précision, voir ci après le paragraphe : Dimensionnement du TOP).

Tableau d'Ordonnancement de la Production du poste de travail M					
Pièce Référence 1					
Pièce Référence 2					
Pièce Référence 3					
Pièce Référence n					

Figure 7.32 Description d'un TOP en « GANTT ».

7.6.3 Fonctionnement détaillé

a) Hypothèses

Ce système ne fonctionne qu'après avoir admis plusieurs hypothèses :

- les pièces circulent entre les postes dans des containers (boîtes);

- tous les containers contiennent le même nombre de pièces;
- il n'y a pas de mélange de pièces dans un container;
- toutes les pièces d'un container sont bonnes;
- lorsque l'on fabrique un type de pièces à un poste, on fabrique des multiples de container;
- on associe à un container une et une seule étiquette (Kanban) qui contient des informations de fabrication;
- il y a autant de kanbans qu'il y a de containers en circulation.

b) Simple Kanban

Un poste « Client » entame un container de pièce « n ». Il décroche le Kanban qui y était accroché et l'accroche dans un des emplacements prévus pour cette pièce du TOP du poste « Fournisseur ». Ensuite, il travaille à son rythme.

Le poste « Fournisseur » est prêt à commencer un nouveau travail. L'opérateur analyse le TOP et choisit la référence qu'il va fabriquer. Pour signaler la référence choisie, il retourne le, ou les, Kanban(s) concerné(s) et on voit apparaître « En Cours » dans les emplacements correspondants.

Lorsque le fournisseur a terminé sa fabrication, il décroche les Kanbans « En Cours » du TOP et les accroche aux containers de pièces. Ensuite, il envoie les containers au poste « Client » correspondant.

c) Double Kanban

Cette méthode est identique, dans son principe, à la précédente mais on a personnalisé les Kanbans en faisant ressortir la phase de manutention entre deux postes de fabrication. C'est ainsi que l'on a maintenant :

- des **kanbans de production** (KBp), correspondant à des ordres de fabrication;
- des **kanbans de manutention** (KBm), ou kanbans de prélèvement.

Le poste « Client » entame un container de pièce « n ». Il décroche le Kanban de manutention (KBm) attaché au container et le place dans une boîte.

Avec une périodicité très courte, les Kanbans en attente sont relevés par le manutentionnaire qui, selon les indications des cartes, va au poste « fournisseur » concerné.

Arrivé au poste « Fournisseur », il enlève le kanban de production (KBp) d'un container plein qui est terminé, il l'accroche dans un des emplacements prévus pour cette pièce du TOP du poste « Fournisseur » et lui substitue le KBm. Ensuite, il ramène le (ou les) container(s) plein(s) avec leur KBm au poste « Client ».

Le poste « Fournisseur » est prêt à commencer un nouveau travail. L'opérateur analyse le TOP et choisi la référence qu'il va fabriquer (KBp). Pour signaler la référence choisie, il retourne le, ou les, Kanban(s) concerné(s) et on voit apparaître « En Cours » dans les emplacements correspondants.

Lorsque le fournisseur a terminé sa fabrication, il décroche les Kanbans (KBp) « En Cours » du TOP et les accroche aux containers de pièces. Ensuite, il met les containers en attente à son poste.

7.6.4 Dimensionnement du TOP

a) Démarche

Le dimensionnement d'un TOP s'effectue en trois étapes :

- analyse de tous les flux par type de pièces entre chaque poste fournisseur et tous les clients potentiels de cette pièce;
- déterminer la taille d'un container;
- déterminer le nombre de containers à faire circuler pour cette pièce.

b) Flux de production

Il faut penser flux et non capacité. Le flux s'exprime en nombre de pièces par unité de temps (unité de planification : heure, jour, semaine…). Il faut déterminer tous les flux de pièces à chaque poste.

c) Calcul du nombre de Kanbans

La formule la plus couramment référencée dans les ouvrages s'exprime de la manière suivante :

$$n = \frac{(D \times L) + G}{C}$$

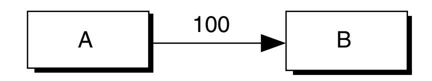
- D : demande moyenne par unité de temps.
- L : délai de mise à disposition d'un container de pièces.
- C : capacité d'un container.
- G : facteur de gestion ou marge de sécurité permettant de pallier à l'irrégularité plus ou moins importante de la fabrication (souvent égal à 10 % de DL).

d) Dualité taille du container/Nombre de containers

Pour notre part, nous estimons que la formule précédente montre ses limites. En effet, dans la détermination du nombre de kanbans, on fixe *a priori* la taille des containers (souvent estimée à 10 % de la demande journalière). Pour notre part, nous pensons qu'il faut dimensionner le couple **taille** du container et **nombre** de containers

Remarque : Rappelons-nous que tous les containers contiennent le même nombre de pièces.

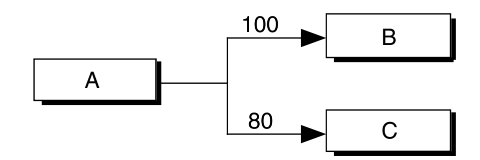
➤ *Cas d'un poste alimentant un autre poste*



Si j'ai un flux de 100 pièces à réaliser, celles-ci peuvent se répartir en :

NB Containers	1	2	4	5	10	20	25	50	100
NB pièces	100	50	25	20	10	5	4	2	1

➤ *Cas d'un poste alimentant plusieurs postes*



Entre A et B

NB Containers	1	2	4	5	10	20	25	50	100
NB pièces	100	50	25	20	10	5	4	2	1

Entre A et C

NB Containers	1	2	4	5	8	10	16	20	40	80
NB pièces	80	40	20	16	10	8	5	4	2	1

Les containers doivent contenir le même nombre de pièces. Ils peuvent contenir : 20, 10, 5, 4, 2 ou 1 pièces

➤ *Dimensionnement de la taille du container*

La détermination finale du couple Taille/Nombre des containers s'effectuera par :

- Élimination des gros containers en tenant compte de :
  - la limitation de l'emballage (poids, volume…);
  - la limitation des moyens de manutention.
- Élimination des petits containers en tenant compte de :
  - la disponibilité des moyens de manutention;
  - la taille des lots de fabrication.

Cette analyse nous permet maintenant de préciser sur le planning des kanbans d'une pièce d'un TOP trois indicateurs :

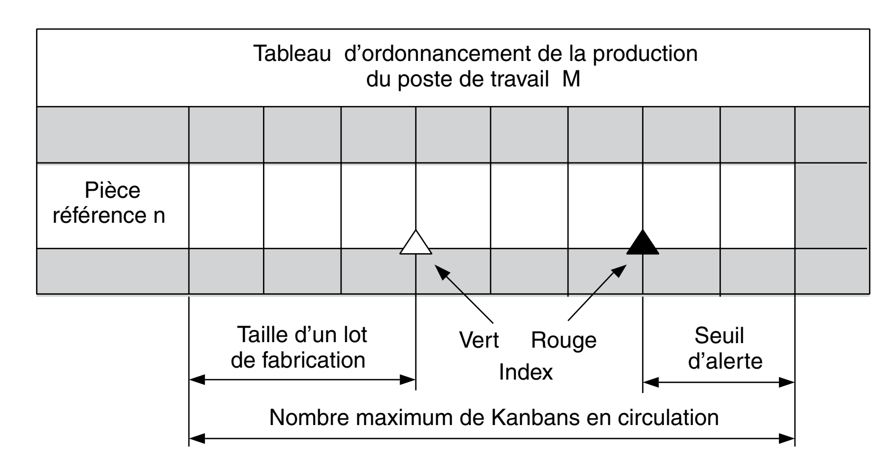


Figure 7.33 Structure d'un TOP.

- **limite maximum** du nombre de kanbans en circulation pour cette pièce entre le poste fournisseur et tous les postes clients ;
- un nombre de kanbans, repéré par un **index vert** indiquant le lot minimum de lancement en fabrication. En l'absence d'index, la valeur 1 est prise par défaut ;
- une zone d'alerte repérée par un **index rouge** signalant à l'opérateur qu'il est urgent de réagir pour cette pièce. En l'absence d'index rouge la valeur 1 est prise par défaut comme seuil d'alerte.

7.6.5 Utilisation d'un TOP

a) Analyse d'un TOP

Tableau d'ordonnancement de la production du poste de travail M					
Pièce référence 1					
Pièce référence 2					
Pièce référence 3					
Pièce référence n					

Figure 7.34 Exemple de TOP.

Compte tenu du principe de la méthode, nous voyons que :

- un emplacement vide correspond à un container plein dans le système de production ;
- un Kanban en place correspond à un container à renouveler (ce container est vide ou en cours d'utilisation) ;
- lorsque tous les emplacements pour une référence sont vides, le stock est maximum – exemple pièce référence 1 – (il est possible de conclure que le poste « client » n'est pas assez rapide) ;
- lorsque tous les kanbans pour une référence sont en place, il y a rupture de stock – exemple pièce référence 3 – (il est possible de conclure que le poste « fournisseur » n'est pas assez rapide).

Remarque : Les deux dernières situations sont caractéristiques de problèmes antiflux.

b) Mode de lancement en fabrication

Lorsque le poste « Fournisseur » est prêt à commencer un nouveau travail, l'opérateur doit choisir la référence qu'il va fabriquer par analyse des kanbans positionnés dans le TOP.

Pour une référence :

- lorsque tous les kanbans sont en place, il y a urgence de fabrication de cette référence ;
- lorsque les kanbans accrochés au TOP ont dépassé, ou atteint, le seuil d'alerte, il faut envisager la fabrication de cette référence ;

- dans tous les autres cas, la méthode FIFO est la plus utilisée. Toutefois, on tiendra compte de la quantité minimum de lancement en fabrication signalée par l'index vert ;
- lorsqu'il n'y a pas de kanban accroché au TOP, le poste doit s'arrêter de fabriquer.

7.6.6 Résultats attendus avec Kanban

a) Avantages

- Véritable maîtrise des flux par visualisation évidente avec un principe simple collant à la réalité physique.
- Permet le transfert de certaines tâches d'ordonnancement dans l'atelier entraînant une plus grande motivation du personnel.
- Permet de profiter au maximum de la flexibilité des moyens de production.
- Cette technique ne demande pas l'aide de l'informatique.
- Établit un lien direct entre les postes successifs favorisant la diminution des délais de transmission de l'information et de circulation des pièces.
- Diminution des stocks (à titre d'exemple, chez Toyota, les stocks sont passés d'un mois et demi à trois jours de production).
- Favorise une production plus proche de la demande sans stock diversifié entraînant un coût plus faible de production.

b) Contraintes

- Le système exige :
  - un outil capable de passer rapidement d'une fabrication à une autre ;
  - une production avec des cycles les plus courts possibles ;
  - un outil de production sans défaillance avec des pièces sans défaut (contrôle de qualité à 100 %) ;
  - un système de pilotage maîtrisant l'écoulement des produits et les changements de fabrication.
- La mise en flux exige :
  - le regroupement et l'affectation des machines à une production ;
  - la synchronisation des transferts de pièces (stock 0) ;
  - des moyens de manutention adaptés.
- Il est indispensable de :
  - mettre en place un contrôle qualité à 100 % (toute pièce défectueuse entraîne une rupture de flux) ;
  - d'organiser l'outil de production par ligne de produit et non par atelier technologique ;
  - Ne mettre en place un système Kanban qu'après avoir amélioré l'outil de production.

c) Inconvénients

- Cette technique ne s'applique qu'à une production en flot continu se rapprochant d'une industrie de type process (les produits doivent s'écouler régulièrement).
- Le Kanban n'est pas une technique de stock 0 mais un système à stock mini (point de commande) et qui recomplète les stocks simplement parce qu'il y aura eu consommation. Le stock se trouve dans la ligne de production à différents états de fabrication.

- L'entreprise est très fragilisée en cas de perturbation d'approvisionnement des matières premières ou composants de base.

d) Conséquences

- Rechercher à fabriquer au maximum par petits lots par diminution des temps de changement et de réglage de l'outil.
- Pour gagner du temps lors d'un changement de référence il ne faut pas écarter une reconception des produits.
- Le Kanban demande une grande discipline qui peut aller à l'encontre des habitudes occidentales (ne pas produire au risque de sous-utilisation des machines).
- Dans ce système, la circulation des informations est aussi importante que la circulation des pièces. Il sera donc nécessaire de mettre en place un système efficace de transmission des kanbans (manuel, pneumatique, informatique…).
- Il faut également penser à la circulation des containers vides. Aucun manuel n'en parle et pourtant c'est un élément capital dans la bonne circulation des pièces.
- C'est un système à production tirée, c'est-à-dire que le processus aval se fournit directement au processus amont pour renouveler les pièces qu'il consomme.

7.6.7 Outil de diagnostic

Si le système fonctionne normalement (tous les plannings sont normalement remplis – aucun emplacement entièrement rempli ou entièrement vide), le système de production est améliorable : il y a trop de stock.

Pour diminuer le niveau du stock, on retire un kanban et un emplacement pour une référence sur le TOP. On attend le blocage d'un poste et on améliore l'environnement de ce poste. On stoppe cette démarche de diminution du stock lorsqu'en enlevant un kanban sur un TOP, tous les postes sont en rupture.

S'il ne reste qu'un kanban pour une pièce et que l'on souhaite diminuer le stock, on le remplace par plusieurs autres correspondants à des containers de taille plus petite (exemple : on remplace 1 container de 100 pièces par 5 containers de 20 pièces). Ensuite, on renouvelle la démarche précédente.

De la GPAO aux ERP

8

8.1 Système d'information

L'expression « Système d'information » (SI) s'utilise de manière variée et parfois abusive. Ses définitions, précédées d'une réflexion sur les notions de système et d'information, présentent une grande diversité. On peut retenir qu'il s'agit de moyens humains, organisationnels et techniques, structurés pour saisir, stocker, traiter et communiquer les informations de types divers, nécessaires à une entreprise ou à un organisme pour la réalisation de ses objectifs.

Excluant certaines dimensions humaines ou organisationnelles, la réduction du système d'information à son aspect strictement informatique, sert souvent à décrire l'ensemble des matériels et des logiciels utilisés. Certaines aboutissent même à une simple description des types d'applications mis en œuvre.

Placé entre le système de pilotage et le système opérant, le système d'information participe à la fois au suivi et à l'automatisation du système de production, ainsi qu'à la gestion des informations opérationnelles et décisionnelles.

La tendance actuelle est d'y introduire des outils logiciels élaborés s'impliquant dans toutes les fonctions de l'entreprise. On a regroupé, autour de plusieurs familles, ces différents outils sans éviter, parfois, l'abus de sigles anglo-saxons ne facilitant pas toujours leur compréhension. On distingue :

- les ERP : logiciels de gestion intégrée ;
- les SCM : outils de pilotage, de planification et d'ordonnancement ;
- le Datawarehouse : utilisé par les outils d'aide à la décision ;
- le CRM : outils de gestion de la relation client.

L'implantation de ces nouveaux produits logiciels modifie sensiblement la GPAO.

8.2 Les outils classiques de la GPAO

8.2.1 Les développements sur mesure (applications maison)

Comme pour les autres applications fonctionnelles (comptabilité, paye, facturation…), les applications de GPAO ont d'abord été écrites pour les besoins propres d'une entreprise, soit en interne, soit en faisant appel à des sociétés spécialisées. Ces développements sur mesure assurent, au moment de leur réalisation, une bonne adaptation aux besoins spécifiques de l'entreprise s'adaptant, naturellement, à l'organisation en place.

Compte tenu de leurs coûts et de leurs délais de réalisation, on constate que la durée de vie de ces logiciels a dépassé largement la dizaine d'années dans de nombreuses sociétés. Ceci n'a pas été sans problèmes de maintenance et d'adaptation aux évolutions. Les méthodes de production rendent nécessaires des « strates » de modification complexes et onéreuses.

De plus, la couverture de l'ensemble des fonctionnalités de la GPAO et de son environnement a été réalisée par l'addition d'applications diverses n'assurant, chacune, qu'une partie de ces fonctionnalités. Les choix faits dans la description et la structuration des données, ou la publication des résultats, sont spécifiques à chacun de ces outils. La communication directe entre applications devient complexe, voire très difficile sans duplication ou, même, ressaisie des informations.

D'autre part, le caractère fermé de ces applications entraîne une spécialisation étroite des utilisateurs renforcée par une absence d'intérêt pour les aspects interfaces Homme-Machine qui se réduisent souvent à la sortie d'états en mode caractère, les fameux « listings ».

Ces applications ont d'abord été conçues sur des ordinateurs centralisant l'ensemble des fonctions informatiques (traitement, stockage, communication…) en liaison avec des terminaux passifs. Les mini-ordinateurs ont permis un élargissement des utilisations des applications de GPAO dans les moyennes entreprises. L'AS400 d'IBM et le VAX de DEC ont été les moyens privilégiés de cette diffusion. L'apparition des serveurs sous Unix, puis sous Windows NT, a généralisé l'usage de réseaux de micro-ordinateurs utilisant le Client-Serveur, ce qui a souvent nécessité une remise en cause des applications existantes.

8.2.2 Les progiciels spécialisés

Afin de répartir les investissements sur plusieurs entreprises et d'améliorer la qualité des développements, leur maintenance et leur documentation, des applicatifs ont été conçus pour être communs à un grand nombre d'utilisateurs ayant des besoins similaires. Le terme de « Progiciel », contraction de **Pro**duit Lo**giciel**, a recouvert des produits bureautiques (traitement, tableurs…) mais, aussi, des développements concernant les principales fonctions de l'entreprise avec des versions plus ou moins sectorialisés. On compte plus de douze mille progiciels actuellement répertoriés par le CXP recouvrant en particulier :

- la comptabilité devenue gestion comptable et financière;
- la paye englobée dans la gestion du personnel;
- la facturation élargie à la gestion de l'activité commerciale.

Au sein des progiciels de gestion industrielle, la seule GPAO représente le quart des références. Si certains produits annoncent couvrir plusieurs types de production, de nombreux progiciels sont spécifiques à un type de production ou ne couvrent qu'une fonction particulière :

- besoin en composants;
- besoins en capacité;
- gestion des ordres de fabrication;
- politique d'ordonnancement;
- maintenance;
- gestion des appareils de mesure; gestion de produits semis-finis;
- gestion des étiquetages.

Quelques progiciels regroupent plusieurs tâches et certains ont acquis une grande notoriété (MAPICS, EXCALIBUR, ou en France, PRODSTAR…).

Mais, dans de nombreuses entreprises, les logiciels d'organismes diverses, travaillent sur des bases de données, ou de fichiers spécifiques et ils sont même utilisés sur de plates-formes différentes nécessitant des interfaces complexes.

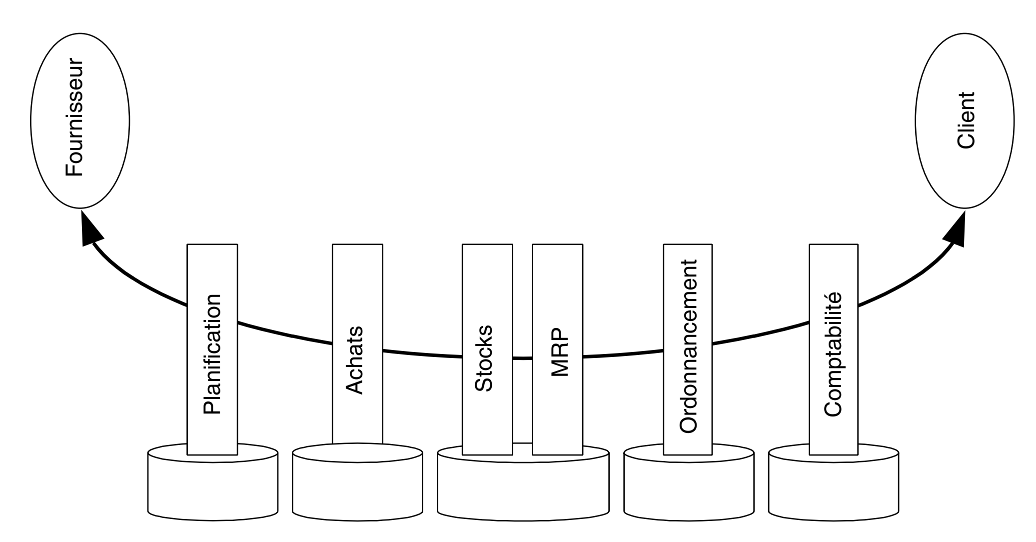


Figure 8.1 **Architecture des logicielslmaison ou progiciels spécifiques.**

8.3 L'évolution vers les ERP

8.3.1 Définitions

ERP est l'acronyme de « ***E**nterprise **R**essource **P**lanning* », francisé en PGI « **P**rogiciel de **G**estion **I**ntégrée ». Un ERP est un progiciel incluant plusieurs ensembles de modules :

- capables d'assurer, tout ou partie, des fonctions de gestion opérationnelle d'une entreprise ou d'un organisme ;
- reposant sur une base de données unique (le plus souvent de structure relationnelle) pouvant être consultée et mise à jour directement par chacun des modules ;
- accessibles par les utilisateurs concernés de manière la plus homogène possible par une interface Homme-Machine unique et la généralisation du mode de traitement transactionnel ;

Le mot « intégré » souligne :

- la nécessité de l'unicité des données ;
- l'existence d'un référentiel unique pour la description de ces données ;
- la conception, ou l'intégration, des modules par un même éditeur ;
- la couverture fonctionnelle de la totalité ou d'une partie significative de la gestion opérationnelle de l'entreprise.

L'implantation d'un ERP est donc une évolution profonde du système d'information pour harmoniser les diverses fonctions de gestion opérationnelle d'une entreprise en acceptant les modifications nécessaires de l'organisation pour tenir compte des solutions retenues. Le domaine fonctionnel couvert par les ERP est, au départ, orienté vers le système opérant interne de l'entreprise. Il concerne ce que l'on désigne maintenant par le terme de « back

office ». Plus qu'un progiciel spécialisé, un progiciel intégré nécessite une évolution des profils de compétences des informaticiens et des utilisateurs. Sa mise en œuvre ne se résume pas à une seule paramétrisation des modules mais elle entraîne une sensible évolution de tâches et des attitudes pouvant aller jusqu'à une véritable remise à plat des processus de gestion opérationnelle.

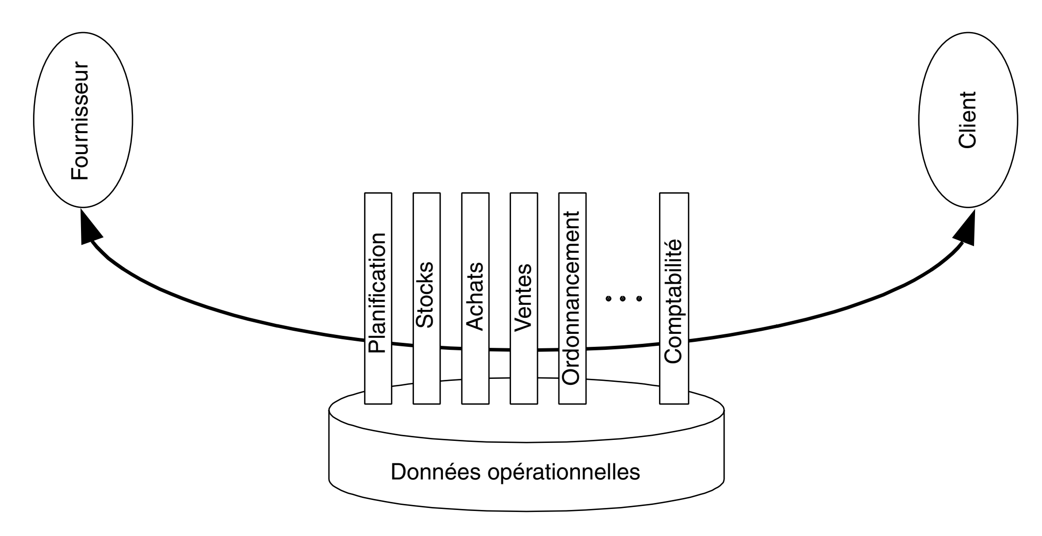


Figure 8.2 Architecture d'un PGI.

8.3.2 Les facteurs externes d'évolution vers les ERP

Si le besoin de cohérence du système d'information et la nécessité de maîtriser facilement les évolutions ont entraîné le passage aux ERP, plusieurs facteurs externes ont favorisé ce choix.

a) L'internationalisation

L'implantation d'un produit multi-sites, multi-sociétés, multi-législations et multi-langues apporte une solution complète aux problèmes d'hétérogénéité rencontrés par les sociétés multinationales. La quasi totalité des grandes sociétés a naturellement adopté un ERP.

b) Le passage à l'an 2000 et à l'Euro

Face à la nécessité annoncée de reprendre toutes les applications et la plupart des progiciels spécifiques pour faire face au passage à l'an 2000, beaucoup de responsables ont choisi d'éviter ces lourdes opérations en basculant vers un ERP, assurant ces évolutions sans problème.

Les ventes de licence d'ERP ont fait un bon spectaculaire dans les années 1996 à 1998 avant qu'il ne soit trop tard pour effectuer le basculement pour le 1er janvier 2000. On retrouve les mêmes motivations, au niveau de l'Europe, pour le passage à l'Euro.

c) Les fusions, filialisations et partenariats

Les nombreuses modifications de structure du capital, d'organisation juridique ou de partenariats nécessitent une harmonisation des systèmes de gestion facilitée par le choix (ou l'imposition) d'un ERP commun.

d) Les modifications d'infrastructures

La diffusion des postes de travail à base de micro-ordinateurs, la facilité d'utilisation des réseaux locaux, l'implantation généralisée de SGBD relationnelles et de serveurs sous Unix et Windows NT ont créé une infrastructure susceptible d'accueillir des progiciels intégrés en mode Client-Serveur.

8.3.3 L'intégration de la GPAO aux ERP

Les seules contraintes internes à l'entreprise ont également favorisé le passage aux ERP, soit suite aux lacunes et insuffisances des outils installés, soit pour réagir avec plus de souplesse et de rapidité aux contraintes du marché ou à l'évolution des produits.

Pour les outils de GPAO, le concept de MRP impliquait déjà un élargissement du domaine fonctionnel à couvrir au-delà de la gestion de production au sens strict.

L'intégration des modules de GPAO dans les ERP a donc permis :

- la prise en charge homogène de la gestion de tout ou partie de l'entreprise;
- la normalisation complète de l'ensemble des informations;
- l'absence de rupture dans les échanges entre les modules, qu'ils soient administratifs, financiers, commerciaux ou industriels;
- une mise à jour très rapide des données. Par abus de langage, on utilise le terme de « temps réel » qui a une définition beaucoup plus restrictive puisqu'il impose le respect d'un temps bref et borné dans le transfert de l'information;
- l'unification de l'interface Homme-Machine évitant les divers apprentissages spécifiques à chaque progiciel;
- l'assurance d'une maintenance;
- l'évolution de la couverture fonctionnelle par l'implémentation de nouveaux modules :
  – gestion de la qualité;
  – gestion de devis;
  – élaboration de tableaux de bord;
  – gestion de la maintenance;
  – lien avec les données techniques;
  – traçabilité;
  – étiquetage;
  – préparation des expéditions…

Dans de nombreuses entreprises, le passage à l'ERP, après une période de mise en œuvre parfois longue et délicate, s'est traduit par une diminution sensible des délais de fabrication et une augmentation de la productivité et surtout de la réactivité. Souvent citée, la diminution des coûts fait l'objet de nombreuses interrogations et sa mesure n'est pas toujours aisée suite aux changements majeurs d'organisation induits par l'implantation d'un ERP.

8.3.4 Les freins au passage à l'ERP

En plus de l'importance de l'investissement et des doutes sur sa rentabilité, plusieurs facteurs ont été recensés reflétant des interrogations sur :

- l'aptitude de ces produits à recouvrir tous les besoins spécifiques d'une entreprise donnée;

- les répercutions sur l'organisation et les rôles de chaque service ;
- l'uniformisation faisant disparaître l'avantage compétitif lié à une spécificité ;
- la dépendance par rapport à l'éditeur ;
- l'absence de compétence pour la réalisation du projet ;
- les conséquences sociales d'une automatisation des traitements plus poussée.

Malgré ces freins, les facteurs positifs ont entraîné une forte pénétration de ces outils, particulièrement dans l'industrie.

8.4 Le marché des ERP

8.4.1 Situation actuelle

Le taux d'équipement en ERP des grands comptes serait supérieur à 90 %. Les administrations s'équipent également et plus de 50 % des entreprises ayant un chiffre d'affaire compris entre 80 et 300 millions d'euros ont installé des progiciels de gestion intégrée. Les 15 000 PME/PMI françaises font actuellement l'objet d'une offre pressante pour réaliser ce passage, déjà franchi par plus du tiers d'entre elles et même les très petites entreprises sont démarchées.

Parmi les ERP installés, la GPAO représente le quart des modules, et en France, plus de la moitié des entreprises industrielles ont recours à un ERP pour assurer, entre autre, leur GPAO. La proportion de 75 % est déjà atteinte en Allemagne et dans les Pays du Nord de l'Europe.

Avec plus de 600 produits recensés en France par le CXP et plus de 200 éditeurs, l'offre d'ERP se présente abondante et diversifiée.

8.4.2 Les types d'ERP

a) Les ERP généralistes

Les produits veulent couvrir la totalité, ou la plus grande partie, de la gestion opérationnelle de l'ensemble des entreprises. Ils comportent des modules :

- de gestion comptable et financière ;
- de gestion commerciale ;
- de gestion industrielle ;
- de gestion des ressources humaines.

Mais ils recouvrent aussi :

- la gestion des projets ;
- la gestion de la qualité ;
- le contrôle de gestion ;
- la gestion des investissements ;
- la logistique.

Les modules de GPAO présentent l'intérêt d'une communication facile avec l'ensemble des autres fonctions mais la généralité de cette offre ne permet pas toujours une adaptation avec certains types de production.

b) Les ERP orientés « fonctions »

Issus des éditeurs de progiciels de GPAO (comme MAPIX), les ERP, tout en conservant une place privilégiée aux modules de GPAO, introduisent un certain nombre de fonctions assurant un lien direct et homogène avec :

- la comptabilité ;
- les stocks et les achats ;
- la logistique ;
- la gestion des commandes ;
- les autres fonctionnalités de la gestion industrielle.

c) Les ERP orientés « métier »

Bien que plus orientés gestion de production, les modules des ERP ne sont pas toujours adaptés pour couvrir toutes les spécifités d'un métier. Il existe donc une tendance actuelle à « verticaliser » les modules, soit pour mieux couvrir les types de production ou de commercialisation de certaines professions (transport, distribution, automobile…), soit pour s'adapter à leur taille.

Deux secteurs sont particulièrement couverts par ce type d'ERP :

- les industries de process ;
- l'aéronautique et la défense.

Suite à la saturation du marché des grands comptes, une grande partie des éditeurs présentent également des versions allégées et packagées en fonction des PME/PMI pour contrer l'offre des éditeurs issus de la micro-informatique. Ces derniers, par contre, enrichissent leur offre pour présenter des fonctionnalités comparables à de véritables ERP.

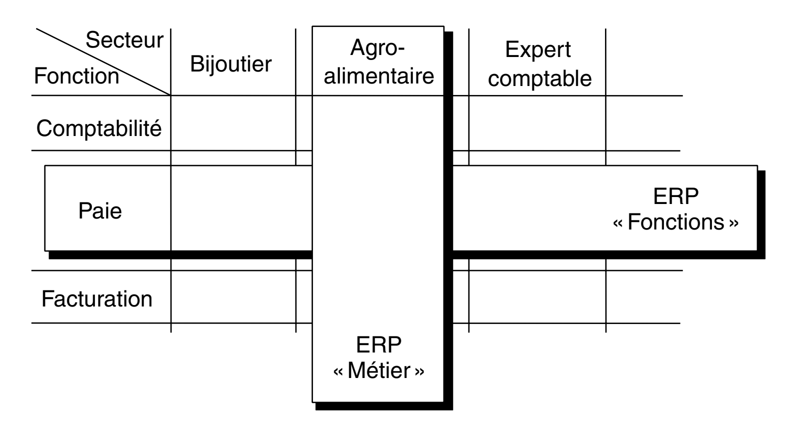


Figure 8.3 Types d'ERP.

8.4.3 Les principaux acteurs

a) SAP (System, Applications, Products in data processing)

Incontestablement, cette société allemande, créée en 1972 par un groupe d'ingénieurs d'IBM, domine le marché. La valeur des licences commercialisées chaque année se maintient autour du tiers du marché mondial et son chiffre d'affaire 2000 approche les 6 milliards de dollars en y incluant les services.

Ses modules initiaux étaient orientés vers la gestion financière particulièrement pour les industries chimiques. Implantés sur les mainframes IBM et compatibles, sous le nom de R/2, les modules SAP ont été adaptés au client/serveur sous Unix et commercialisé en 1992 sous le nom de R/3. Porté, ensuite, sous Windows NT et également adapté à l'AS400, R/3 équipe environ 30 000 sites dans le monde et plus d'un millier en France.

Le choix de la base de données peut s'effectuer entre ORACLE, SQL Server, DB2, Informix et Software AG. Par contre, l'aspect propriétaire du produit est lié au développement des modules (principalement en langage ABAP, celui-ci intégrant les fonctionnalités les plus fréquentes à la gestion).

Après avoir équipé les très grandes sociétés avec des projets atteignant souvent plusieurs dizaines de millions de francs, SAP fait évoluer son offre vers des entreprises moins importantes et vers une adaptation verticale par métier. L'importance de SAP a entraîné un grand nombre de sociétés de services à proposer divers services pour l'assistance à l'implantation de cet ERP. Un véritable marché de produits s'interfaçant à R/3 ou de développements pour couvrir certaines spécificités, s'est développé. La seule activité service de SAP engendre un chiffre d'affaire comparable à la vente de ses licences.

b) ORACLE

L'implication de cet éditeur dans le monde des ERP s'est effectuée à l'inverse de SAP, en partant de sa base de données relationnelle. ORACLE Application, développé en client-serveur sous Unix, puis sous Windows NT, présente l'ensemble des modules nécessaires à la gestion d'une entreprise.

Cet ERP réalise de l'ordre de 3 milliards de dollars, soit environ le tiers du chiffre d'affaire de la société.

Bien implanté dans le secteur des télécommunications et des nouvelles technologies, ORACLE bénéficie de l'importance de ses bases de données déjà installées dans les entreprises ou les organismes.

c) PEOPLESOFT

Troisième éditeur de produit complet, cette société a réalisé en 2000, un chiffre d'affaire de 1,7 milliard de dollars. Une part importante de son implantation se trouve dans les services (banques et assurances) ainsi que dans les administrations (santé et éducation).

d) Les éditeurs AS400

Beaucoup de spécialistes de progiciels pour AS400 ont, comme MAPICS, développé un ERP généraliste ou plus souvent industriel.

J.D. Edwards reste le leader mais plusieurs de ces éditeurs ont été rachetés récemment :

- JBA (system 21) par GEAC;
- SSA (BPCS) par GORES;
- MARCAM par Invensys qui a également racheté BAAN.

Le suédois Intentia Consulting, avec le produit MOVEX, s'est également implanté en France.

e) Le marché des PME-PMI

Malgré leurs contraintes budgétaires et humaines, les PME-PMI font l'objet d'une offre adaptée à leur problématique et à leurs spécificités.

L'anglais SAGE, avec le rachat d'un grand nombre d'éditeurs pour la micro-informatique dont beaucoup de sociétés françaises (CIEL, SAARI…) présente plusieurs gammes de logiciels de gestion intégrée pour les PME-PMI.

En France, ADONIX a fusionné ses produits administratifs et industriels (PRODSTAR) pour créer l'ERP X3. Cette société vise une cible d'entreprise ayant un chiffre d'affaires de 10 à 150 millions d'euros.

Le distributeur ARES est également présent sur ce marché avec son produit ARCOLE. On note, également, sur le marché français des éditeurs suédois IFS et IBS.

8.5 Choix et mise en œuvre d'un ERP

8.5.1 Informatisation de la Gestion de Production

a) Scénarios d'informatisation

Il est possible d'aborder l'informatisation de la gestion de production d'une entreprise suivant deux démarches :

- une approche par le progiciel ;
- une approche par le matériel.

C'est bien sûr, la première qui est fonctionnellement la plus logique. Elle consiste à rechercher un progiciel qui convient à l'organisation de la gestion de production adaptée aux paramètres de l'entreprise et, ensuite, adopter le matériel. Si, au cours de cette recherche, il n'existe pas de solution, nous sommes conduits à suivre la deuxième démarche qui consiste à choisir d'abord le matériel et ensuite rechercher un progiciel ou développer un logiciel spécifique.

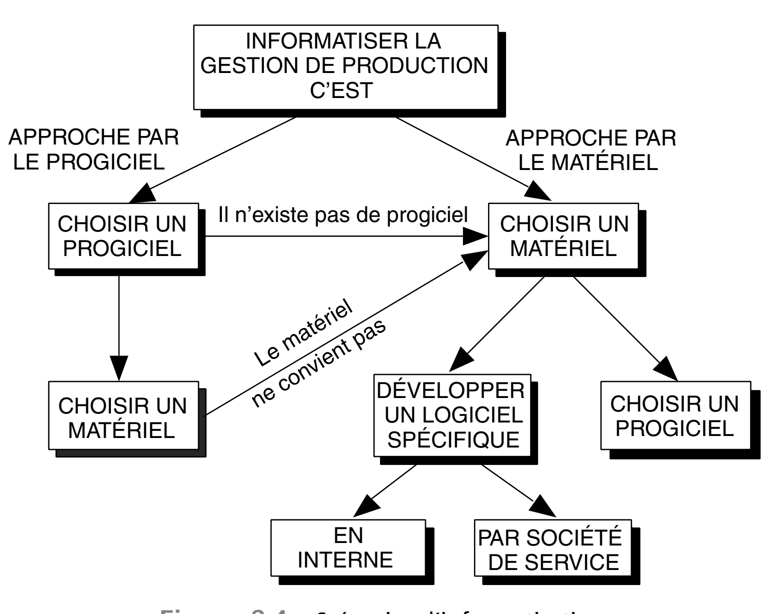


Figure 8.4 Scénarios d'informatisation.

b) Organisation des traitements informatiques

Nous ne reviendrons pas, dans ce chapitre, sur le type d'organisation matérielle du système informatique. Par contre, il est nécessaire d'avoir une vision réaliste des modes de traitements de l'information dans les entreprises (toutes les entreprises ne travaillent pas en temps réel !).

➤ *Traitement par lot avec saisie « OFF LINE »*

Les traitements sont effectués à partir de données qui ont été préalablement saisies dans un fichier.

Dans le cas d'une saisie « OFF LINE », les émetteurs d'informations rédigent des documents qui sont ensuite retranscrits sur un support, magnétique ou non. Ces informations seront traitées, par lots, ultérieurement.

Ce mode de traitement a *l'avantage* de pouvoir :

- recommencer les traitements sans dommage en cas de coupure brusque de l'ordinateur;
- effectuer les traitements en dehors des heures ouvrables de l'entreprise afin de pouvoir utiliser l'ordinateur à d'autres fins lorsque le personnel est présent.

Mais il a *l'inconvénient* de ne fournir des données à jour que périodiquement. Suivant la taille de la périodicité des traitements (le jour, la semaine…) il est possible de constater des difficultés de fonctionnement (manque de flexibilité) ou des immobilisations financières importantes (gestion des stocks…) pour l'entreprise.

➤ *Traitement par lot avec saisie « ON LINE »*

Comme dans le cas précédent, les traitements sont effectués à partir de données qui ont été préalablement saisies dans un fichier. Dans le cas d'une saisie « ON LINE », les émetteurs d'informations transmettent directement les informations sur un support. Ces informations sont, éventuellement, contrôlées mais elles seront traitées, par lot, ultérieurement. Attention de ne pas confondre ce mode de traitement avec le traitement en temps réel.

Ce mode de traitement a les mêmes avantages et inconvénients que le mode précédent.

➤ *Traitement en temps réel*

Les traitements sont effectués immédiatement après avoir saisi les informations. Généralement, ce type de traitement est complété d'un traitement effectué en différé pour les traitements trop longs pour être traités en temps réel.

Ce mode de traitement a l'*avantage* de pouvoir :

- disposer des données à jour à tout instant;
- proposer une informatique plus proche de l'utilisateur.

Mais il a l'*inconvénient* de :

- nécessiter une politique très stricte de sécurité des informations car, en cas d'arrêt brusque de l'ordinateur, les fichiers peuvent être altérés;
- d'entraîner, en fonction du nombre de terminaux gérés par l'ordinateur, des temps d'attente qui peuvent paraître intolérables par les utilisateurs;
- risquer de saturer rapidement l'ordinateur ou d'exiger une configuration informatique importante.

8.5.2 Définition des besoins

Quelle que soit l'entreprise concernée, la démarche de choix d'un ERP commence par la définition des besoins qui doit permettre de fixer clairement les objectifs et les contraintes.

En tenant compte des facteurs externes et internes précédemment analysés, cette étape relève du niveau le plus élevé du management pour définir :

- les objectifs recherchés et leurs priorités ;
- les domaines fonctionnels concernés ;
- les contraintes financières, techniques et humaines ;
- les échéanciers à respecter.

Il convient de bien distinguer les facteurs déclenchant cette réflexion et les conséquences que peut apporter l'implantation d'un ERP.

L'absence de lien entre la GPAO et la comptabilité ou la nécessité de diminuer de moitié les délais de production peuvent être à l'origine de l'étude. Mais le choix d'un ERP, même partiel, pour résoudre ce type de question débouche inévitablement sur une remise en cause beaucoup plus profonde de l'organisation de la société. L'harmonisation de la structure des informations et la facilité d'accès à celles-ci ne sont pas neutres : les ERP entraînent une évolution du rôle des utilisateurs et pas seulement des informaticiens.

D'autre part, l'importance de l'investissement nécessaire pour l'implantation d'un ERP est loin d'être négligeable. Deux ratios peuvent être utilisés pour établir un ordre de grandeur des dépenses affectables à un ERP :

- la dépense informatique rapportée au chiffre d'affaire est de l'ordre de 2 % pour les entreprises industrielles en France. L'ERP pouvant représenter une partie importante des fonctionnalités à informatiser, 1 % du chiffre d'affaire peut indiquer un ordre de grandeur du budget à retenir ;
- le coût d'un ERP par utilisateur, le plus souvent cité, est d'environ 3 K€. Mais il faut tenir compte que l'ensemble des dépenses ne se résument pas à l'achat des licences. Les frais de conseil, services, interfaces, adaptation et formation entraînent des coûts multipliant celui des licences par deux à plus de cinq selon l'importance des projets.

8.5.3 Démarche d'implantation d'un ERP

La recherche d'un ERP adapté aux besoins de l'entreprise n'est pas chose facile. Un mauvais choix peut la mettre dans de graves difficultés difficiles à surmonter.

Afin d'augmenter les chances de réussite d'une telle implantation, il est nécessaire d'appréhender l'informatisation de l'entreprise avec une certaine cohérence. Pour cela, il est nécessaire d'appuyer sa réflexion sur une démarche rigoureuse. Celle que nous privilégions est inspirée de celle proposée par le CXP et peut être schématisée par l'enchaînement proposé ci-après (voir figure 8.5).

a) Étude préalable

Cette étude consiste, après décision de la direction et de tous les services concernés, à définir :

- la nature de l'application : par où commencer ?

Attention : Il ne faut pas perdre de vue que l'informatique ne guérit pas et qu'il est inutile de s'engager dans une démarche d'implantation d'un progiciel de GPAO lorsque l'entreprise est en difficulté ;

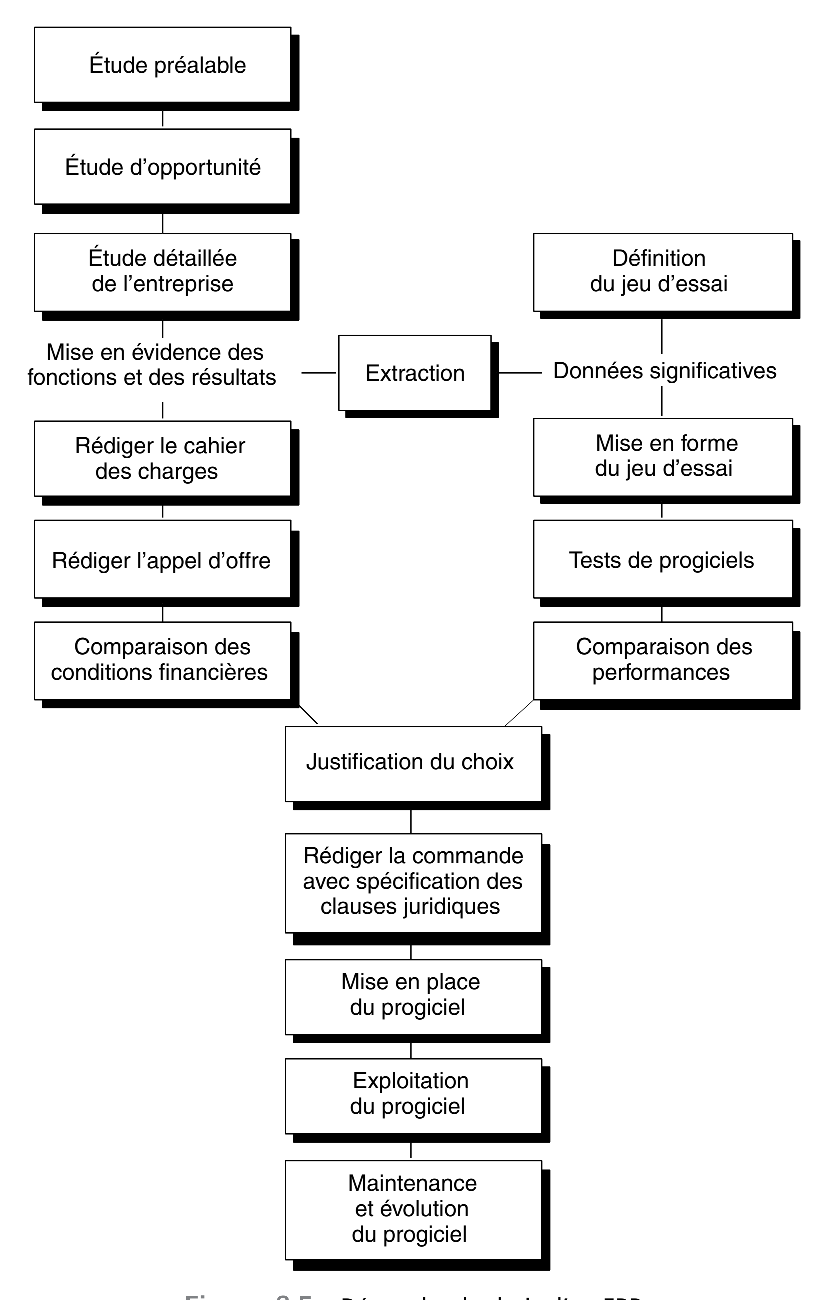


Figure 8.5 Démarche de choix d'un ERP.

- les objectifs recherchés : ne pas voir trop petit au départ; en effet, on est presque toujours obligé de s'étendre dans un avenir souvent proche, il vaut donc mieux le prévoir au départ (cela n'implique pas de tout prendre en charge au début);
- un échéancier prévisionnel;
- les acteurs du projet : mise en place d'un groupe d'étude constitué d'un représentant de chaque service concerné et animé par un chef de projet (de préférence neutre);

- les contraintes : individus, existence de l'informatique ;
- les moyens disponibles : humains et financiers.

b) Étude d'opportunité

Cette étude consiste à choisir le type de solution envisageable pour atteindre les objectifs que l'entreprise s'est fixée : implantation d'un logiciel spécifique ou d'un progiciel.

Pour cela, on commence par rechercher s'il existe déjà des progiciels répondant à l'application. Cette recherche s'effectue en fonction de ses connaissances ou en consultant des catalogues (CXP – Centre d'eXpérimentation des Progiciels), des revues ou des associations.

Si des progiciels existent, cette étude permet d'effectuer une évaluation financière de la solution pour la comparer au budget défini lors de l'étude préalable. Cette comparaison peut, à ce stade, nous conduire à revoir l'étude préalable ou tout simplement à renoncer au projet.

Si, par contre, il n'existe pas de progiciels directement dédiés ou des progiciels connexes, cette étude peut nous conduire, comme précédemment, à revoir l'étude préalable, à renoncer au projet ou à envisager le développement d'un logiciel spécifique.

c) Étude détaillée de l'entreprise

Cette étude, menée par l'entreprise elle-même ou une société de conseil en informatique, consiste à mettre en évidence les fonctions et les résultats attendus par les utilisateurs.

Au cours de cette étude, il est indispensable de passer en revue la totalité des fonctions nécessaires au bon fonctionnement de l'entreprise en vérifiant, à chaque fois, l'intérêt d'une automatisation. Au terme de cette étape nous pouvons donc définir le système qui sera automatisé et le système qui restera manuel.

Pour le système automatisable il est donc possible de définir :

- les fonctions que doit réaliser le système (elles doivent être définies en terme de « POURQUOI ? » et non en terme de « COMMENT ? ») ;
- les résultats attendus en fin des traitements.

d) Rédiger le cahier des charges

Il est nécessaire d'apporter un grand soin à la rédaction du cahier des charges car c'est lui qui servira de base de dialogue avec les futurs fournisseurs. Il devra donc comprendre, au minimum :

- une présentation de l'entreprise avec mise en évidence des principales données caractéristiques (produits, marché, secteur d'activité, taille…) ;
- une description du domaine d'étude en faisant ressortir les objectifs attendus ;
- une description de chaque fonction à réaliser en précisant les résultats escomptés (et non les DONNÉES à mettre à jour dans la base de données) ;
- une description des contraintes de fonctionnement imposées (mode de traitement, type de matériel, contraintes de logiciels…).

e) Rédiger l'appel d'offre

L'appel d'offre est le document qui sera envoyé aux différents distributeurs susceptibles de fournir une solution. Il sera composé :

- du cahier des charges ;

- d'une partie spécifiant les informations attendues (délai de livraison, délai d'implantation, le coût de location ou de vente des matériels et des logiciels, le coût et les délais de maintenance…);
- d'une partie définissant les modalités de test des solutions (démonstration, test sur jeu d'essai d'entreprise…);
- d'une date contractuelle de fin de consultation.

Cet appel d'offre sera envoyé à différents fournisseurs qui ont tous leurs avantages et leurs inconvénients :

➤ *Les sociétés de service en informatique*

- Avantages :
  - les progiciels proposés sont, en général, de bons progiciels;
  - généralement, il y a une bonne connaissance des besoins de l'entreprise;
  - elles peuvent proposer des prestations de conseil et/ou de suivi en amont et/ou en aval du progiciel.
- Inconvénients :
  - on peut remarquer une grande hétérogénéité dans les produits, les hommes et les services.

➤ *Les constructeurs d'ordinateurs*

- Avantages :
  - ils peuvent proposer des prestations complètes de configurations matérielles et logicielles;
  - il existe un catalogue de progiciels (plus ou moins riche).
- Inconvénients :
  - ils n'ont généralement pas une bonne connaissance de l'entreprise;
  - les progiciels ont parfois des fonctionnements pauvres;
  - le suivi des progiciels est parfois aléatoire.

➤ *Les boutiques*

- Avantages :
  - les prix des progiciels sont très intéressants;
  - il existe un catalogue important de produits.
- Inconvénients :
  - les progiciels ne sont pas toujours destinés aux professionnels de l'entreprise;
  - les prestations sont souvent sommaires.

f) Définition d'un jeu d'essai

➤ *Intérêt d'un jeu d'essai*

Il est nécessaire de souligner l'importance de constituer un jeu d'essai de l'entreprise. Trop souvent, les tests des progiciels sont faits avec des jeux d'essai des fournisseurs. Ceux-ci, presque toujours réalisés pour des démonstrations, font ressortir tous les avantages des progiciels en évitant d'en montrer les inconvénients. D'autre part, ils peuvent représenter une structure d'entreprise qui n'a rien de comparable avec celle que l'on cherche à informatiser.

➤ *Extraction de données significatives*

Cette étape, réalisée de préférence lors de l'étude détaillée de l'entreprise, a pour but de sélectionner des informations représentatives de la production (produits, marché, organisation…).

➤ *Mise en forme du jeu d'essai*

Cette mise en forme consiste à rechercher toutes les données techniques permettant de définir de manière plus complète les informations sélectionnées (nomenclature, gammes de fabrication…).

g) Test des progiciels

Cette étape consiste à comparer les progiciels en terme de performance, de convivialité, de contrôle, de sécurité… Nous insistons sur le fait que ce test doit être effectué sur un jeu d'essai personnalisé et sur un matériel proche, voire identique, à celui qui sera implanté dans l'entreprise.

h) Analyse de l'appel d'offre

Cette étape consiste à comparer les conditions financières de chaque solution. Il ne faut pas omettre de tout intégrer dans ce calcul :

- Coût à l'installation :
  - coût du progiciel ;
  - coût du matériel ;
  - coût de l'assistance au démarrage ;
  - coût éventuel de l'environnement spécifique ;
  - coût de la formation.
- Coût de fonctionnement :
  - coût des fournitures (papier, supports magnétiques…) ;
  - coût de la maintenance du progiciel et du matériel.

i) Choix du progiciel

Cette étape consiste à retenir la solution qui convient le mieux pour l'entreprise. Il est nécessaire de justifier le choix par pondération des critères techniques et économiques.

Attention : « *On en a souvent pour notre argent* ». Les solutions les moins chères sont souvent les moins bonnes, mais les solutions les plus chères ne sont pas forcément les meilleures. Il faut donc, dans cette étape, ne pas hésiter à demander de plus amples renseignements lorsqu'il y a un doute.

j) Rédaction de la commande d'achat

Cette étape consiste à rédiger les spécifications des clauses juridiques et des moyens de paiement.

Attention : C'est ce document qui a une valeur juridique contractuelle avec le fournisseur. Il est donc conseillé de prendre toutes les précautions nécessaires avant la signature du contrat pour ne pas avoir de surprises par la suite.

k) Mise en place du logiciel

La mise en place d'un progiciel est toujours une étape délicate. Outre l'implantation physique des programmes, il est nécessaire de prendre en compte d'autres étapes très importantes qui sont toujours sous-estimées. Afin de ne pas avoir de surprises, il est préférable de les commencer très tôt dans la démarche d'informatisation. Ces étapes sont :

- La préparation des données :
  - ce temps est toujours sous-estimé ;
  - il manque souvent des documents ;
  - il est très souvent difficile de maîtriser les données qui expriment le savoir faire des employés.
- La formation du personnel :
  - il faut démystifier le système de GPAO car celui-ci ne doit pas être considéré comme un espion mais plutôt comme une aide ;
  - une mauvaise information (ou formation) peut conduire à un refus du système ou à une mauvaise exploitation.

l) Exploitation du logiciel

Avant de passer à une exploitation définitive, il est indispensable de faire une exploitation en double pendant une période de test. Il ne faut surtout pas effectuer un basculement immédiat.

Il faut s'assurer que le travail n'est plus fait en double après la période de test : il faut faire confiance au système. Un travail en double entraîne automatiquement une perte de temps pouvant aller jusqu'au refus du système.

Il faut s'assurer que les données techniques ne dérivent pas, ce qui nécessite une maîtrise des informations et une assurance de leur qualité.

m)Maintenance et évolution du logiciel

Lorsque le progiciel est en place et dans sa phase d'exploitation, il est nécessaire de suivre l'évolution des systèmes d'exploitation et des progiciels afin d'étudier l'opportunité de mise en place de nouvelles fonctionnalités.

Attention : Il ne faut pas, sous prétexte d'être toujours à la pointe du progrès, changer de version trop souvent. Cela aurait comme risque de déstabiliser les utilisateurs pouvant conduire à un rejet complet du système.

8.5.4 Le choix des solutions

L'implantation d'un ERP est un véritable projet pas seulement informatique. Il nécessite une forte implication des directions opérationnelles et des utilisateurs.

La constitution d'une équipe dédiée au projet est nécessaire dès la recherche d'un progiciel jusqu'à sa mise en œuvre. Selon la dimension du projet, elle doit comporter :

- des responsables des domaines concernés ;
- des utilisateurs qualifiés ;
- des informaticiens (internes et/ou externes).

On constate un fréquent recours, dès le début de la démarche, à des consultants externes. Le choix de ceux-ci n'est souvent pas neutre dans la sélection du produit.

À partir de la description de l'existant et de l'explicitation des objectifs et des contraintes, on constitue un cahier des charges plus ou moins développé selon la taille du projet. La démarche aboutit généralement à la sélection de quelques ERP dont l'examen est approfondi par l'équipe projet. On utilise une grille d'analyse multi-critères. Parmi ceux-ci, on retrouve souvent :

- la couverture des besoins en examinant soigneusement l'existence et les fonctionnalités des modules désirés ;
- les contraintes techniques et d'infrastructure : le passage à un nouveau système d'exploitation n'est pas toujours souhaité par les entreprises. L'adaptation au type de production est également un critère important de choix ;
- les caractéristiques des éditeurs :
  - taille, ancienneté ;
  - référence, base installée ;
  - situation financière ;
- le niveau d'intégration et la base de données utilisée ;
- l'absence de régression par rapport à l'existant ;
- l'ouverture aux évolutions envisagées ;
- l'ergonomie ;
- l'existence d'outils facilitant la mise en œuvre et l'exploitation ;
- le coût :
  - des licences ;
  - des supports et des services annexes ;
  - de la formation ;
  - de la maintenance (15 à 17 %).

8.5.5 La mise en œuvre

La durée d'installation, allant de 6 mois à plus de 2 ans, dépend de la taille de l'entreprise, du nombre de sites et d'utilisateurs, du domaine fonctionnel couvert et de l'importance du support mis en place. Deux théories s'affrontent :

- le « Big Bang » qui vise à un basculement complet à une date unique ;
- l'échelonnement par modules et par site.

Quelle que soit la solution retenue, on retrouve des difficultés organisationnelles, humaines et techniques, ayant de fortes répercutions sur les délais et les coûts conduisant, dans certains cas extrêmes, à l'abandon du projet.

Ces difficultés sont parfois liées à :

- une mauvaise adaptation à l'organisation ;
- une absence de rigueur dans la présentation des objectifs ou dans la remise en cause des processus ;
- un manque d'implication des responsables opérationnels ou des utilisateurs ;
- une rupture trop brutale exigée par le passage au client/serveur et aux bases de données évoluées ;

- une trop forte perturbation dans l'activité quotidienne de l'entreprise;
- une crainte pour l'emploi de la part des salariés.

À l'inverse, il est possible de dégager des facteurs ayant facilité le succès de la mise en œuvre d'un ERP :

- qualité des experts opérationnels dans l'équipe de projet;
- information et formation des utilisateurs;
- clarté des objectifs;
- adaptation de l'organisation aux contraintes de l'ERP;
- absence (ou limitation stricte) de développement complémentaire. Cette tentation de personnalisation de son ERP est assez forte en France, même au sein des PME-PMI.

Le CIGREF a publié des documents retraçant le retour d'expérience de déploiement d'un ERP, soulignant l'importance de l'impact sur les organisations et préconisant une démarche importante d'accompagnement du changement et d'acquisition de compétence.

Les aspects positifs, le plus souvent signalés, suite à l'adoption d'un ERP, sont :

- la standardisation de la gestion et la simplification des procédures;
- une visibilité plus grande des informations et de leur traçabilité;
- une diminution des stocks et des délais de livraison;
- une meilleure implication des utilisateurs;
- une plus grande souplesse pour les adaptations aux évolutions.

La structuration des données opérationnelles offre également une ouverture à l'élargissement du système d'information vers l'aide à la décision.

8.5.6 Impact de l'informatique sur l'organisation de l'entreprise

Afin de pouvoir comprendre le problème, étudions le cas suivant :

Exemple d'application

Une PME prévoit d'informatiser le suivi de son stock sur micro-ordinateur. Une analyse préalable a fait ressortir les données suivantes :

L'entreprise :

- gère 5 000 articles en stock;
- rédige 100 bordereaux d'entrées/sorties par jour contenant en moyenne 8 mouvements par bordereau;
- travaille 200 jours par an.

Le progiciel :

- demande une saisie de 20 caractères pour l'entête du bordereau et 10 caractères par mouvement élémentaire;
- le temps de traitement d'un bordereau est 2 secondes pour l'entête et de 3 secondes pour un mouvement élémentaire;
- édite un état des stocks à raison de 2 lignes de 80 caractères par articles. Compte tenu de la mise en page, il n'est pas possible d'éditer plus de 50 lignes par page.

a) Impact sur le personnel

➤ *Problème de la saisie*

Nombre de caractères saisis par jour : $(20 + (10 \times 8)) \times 200 = 20\,000$ caractères.

En considérant qu'un utilisateur moyen est capable de saisir, en moyenne, 1 caractère par seconde (Attention, cette valeur est déjà très élevée pour une moyenne sur toute la journée), on peut calculer le temps que le magasinier passe uniquement à saisir :

$$\frac{20\,000}{1} = 20\,000 \text{ secondes (soit 5 h 33 min)}$$

Le temps de traitement est de :

$$(200 \times 2) + ((200 \times 8) \times 3) = 5\,200 \text{ secondes (soit 1 h 27 min)}$$

L'utilisation de l'ordinateur est donc de 7 heures en continu.

Ce calcul est très important car il met en évidence le temps passé par les magasiniers face à l'ordinateur et permet de calculer son taux d'utilisation par jour.

➤ *Problème des éditions*

Il est possible d'éditer $\frac{50}{2}$ articles par page (soit 25 articles). L'édition de l'état des stocks demande donc $\frac{5\,000}{25}$ pages (soit 200 pages). Notez le volume important de papier !…

Nombre de caractères à imprimer : $(80 \times 2) \times 5\,000 = 800\,000$ caractères.

Avec une imprimante série donnée pour 200 caractères par seconde cela nous demande $\frac{800\,000}{200} = 4\,000$ secondes (soit 1 h 7 min).

b) Impact sur les procédures

Les quelques résultats, mis en évidence dans les paragraphes précédents, permettent de comprendre qu'il est nécessaire de prendre en compte le fonctionnement de l'informatique dans la définition des procédures. Sur cet exemple, il est possible de tirer les conclusions suivantes (non exhaustives) :

– il est nécessaire d'avoir un magasinier affecté à temps plein pour assurer le fonctionnement de l'ordinateur. Compte tenu de la cadence et du caractère pénible du travail, il faudra envisager un roulement sur plusieurs magasiniers ;
– compte tenu du volume important de papier que nécessite l'édition de l'état des stocks, il faudra limiter cette édition au strict nécessaire. De plus, le temps d'immobilisation de l'ordinateur pour cette édition conduira à chercher à faire les éditions en temps différé.

8.6 Décisionnel et ERP

8.6.1 L'infocentre

Depuis vingt ans, sous l'impulsion d'IBM et de son concept d'infocentre, on utilise largement l'interrogation directe des données opérationnelles pour en extraire des informations facilitant certaines décisions.

Plusieurs outils ont été créés pour effectuer des recherches et présenter les résultats de celle-ci :

- le langage d'interrogation SQL (*Standard Query Language*) ;
- les systèmes d'aide à la décision comportant des moyens de navigation, de sélection et de calculs statistiques ;
- les EIS (*Executive Information System*) permettant de construire des tableaux de bord par visualisation structurée des résultats.

Les ERP, rassemblant dans une base de données unique, l'ensemble des données opérationnelles offrent, à ces outils d'analyse et de reporting, une solution immédiate pour leurs recherches.

8.6.2 Les données informationnelles

La gestion opérationnelle s'intéresse à la disponibilité des ressources. C'est le nombre de produits en stock à un instant donné qui est donc conservé dans une base de données opérationnelle. Par contre, l'évolution dans le temps de ce nombre, les cause de sa valeur actuelle ou la corrélation de celle-ci avec d'autres paramètres de l'activité sont du ressort des applications décisionnelles.

L'approfondissement de la réflexion sur l'usage des données pour l'aide à la décision, a fait apparaître vers 1990, l'intérêt de ne pas interroger directement les données opérationnelles mais de les rassembler dans une autre structure aménagée pour l'aide à la décision. On a donné le nom de « *Datawarehouse* » ou « entrepôt de données » à cette nouvelle structure.

Les données conservées dans un Datawarehouse doivent être :

- orientées métier en les regroupant par thèmes selon les interrogations des utilisateurs (produits, clients, fournisseurs…) ;
- intégrées : avant de les stocker, il faut procéder à leur unification, leur qualification et leur agrégation ;
- datées et non volatiles : aucune mise à jour ne sera effectuée après leur stockage.

L'ensemble des informations sur ces données (nom, origine, mode d'extraction…) constitue les méta-données baptisées « dictionnaire », « référentiel » ou « *repository* ».

8.6.3 Le *Datawarehouse*

Pour effectuer la construction d'un *Datawarehouse* regroupant l'ensemble des données informationnelles de l'entreprise, ou seulement un *Datamart* (magasin de données) limité à une partie de l'activité, il convient d'effectuer :

- la création des méta-données ;
- la mise en place d'outils d'extraction, de transformation et de chargement des données (ETL) ;
- le choix d'une infrastructure au niveau :
  - du matériel : *mainframe*, mini-ordinateur, serveur mono ou multi-processeurs ;
  - du système d'exploitation (souvent Unix) ;
  - du SGBD ;
  - des outils d'interrogation.

Les bases de données relationnelles semblaient adaptées pour accumuler les données informationnelles, mais EF CODD, le père du concept relationnel, préconise une structure d'accueil basée sur le multidimensionnel. Il a regroupé, sous le terme de « OLAP » (*On Line Analytical Processing*), les critères nécessaires pour accéder aux données décisionnelles.

Dans une base de données multidimensionnelle, les données sont stockées dans une structure qui se présente logiquement comme un hypercube à plusieurs dimensions, chacune de celles-ci représente un axe d'analyse comme les temps, le lieu, le client… Le croisement entre plusieurs dimensions est baptisé « cellule » et il contient l'information recherchée, évitant tout calcul avec une accessibilité rapide et stable.

8.6.4 Les outils d'interrogation

Les produits d'infocentre peuvent être utilisés pour accéder aux bases décisionnelles pour effectuer des requêtes ou générer des états. De même, les outils d'analyse traditionnels permettent d'obtenir des résultats :

- corrélation entre l'achat de divers produits;
- optimisation de l'emplacement des produits;
- sélection des fournisseurs…

On a regroupé, sous le terme de « *Datamining* » (fouille de données), un ensemble d'outils plus évolués, issus des travaux liés à l'intelligence artificielle et ayant comme objectifs d'extraire directement des données significatives. Pour effectuer ce type de recherches, on utilise :

- les outils statistiques avancés;
- les systèmes experts basés sur des règles d'association;
- les réseaux neuronaux avec apprentissage à partir des données d'entrée;
- les arbres de décision utilisant l'analyse discriminante;
- la détection de déviation identifiant certains éléments non conformes;
- les algorithmes génétiques simulant des vieillissements de population;
- les agents intelligents effectuant, de manière autonome, des recherches sémantiques ou autres;
- Les techniques de visualisation directe de représentation des données en 3 dimensions ou des animations.

8.6.5 Les acteurs du décisionnel

Les spécialistes de produits infocentre et d'analyse statistique ont adapté leur produit. SAS Institut présente un ensemble d'outils d'extraction et d'analyse interfaçables aux bases de données des ERP pour construire et utiliser un *Datawrehouse*. BUSINESS OBJECT, COGNOS et SPSS ont fait évoluer leurs produits pour tenir compte des bases décisionnelles.

Quelques sociétés se sont créées pour créer une offre spécialisée dans le décisionnel. Parmi celles-ci on peut signaler ET1 éditeur d'outils d'extraction ou ESS Base (OLAP) racheté par Hyperrion.

Certains fournisseurs de bases de données sont également très actifs dans ce domaine :

- ORACLE, déjà leader des SGBDR sous système ouvert, offre après rachat :
  – Express : base de données multidimentionnelle;

– des produits de construction (CARLETON);
– des outils de *Datamining* (DARWIN).

- Informix, après rachat de ARDENT, propose un moteur de transformation (DATASTAGE) et un extracteur (PRISM).

Enfin, les éditeurs d'ERP ont développé des modules pour alimenter automatiquement un Datawarehouse. SAP, au-delà de son « Business Information Warehouse », propose même, pour certains métiers, des Datamart préfabriqués.

8.6.6 Mise en œuvre du décisionnel

Moins structurant qu'un ERP, un Datawarehouse peut cependant apporter aux entreprises une sensible augmentation de leur rentabilité par l'apport de connaissances qu'il peut procurer. Il est utilisable, non seulement pour éclairer les améliorations de gestion opérationnelle, mais surtout pour contribuer à rendre plus efficace les systèmes de pilotage. Quelques exemples montrent qu'il peut apporter un véritable avantage concurrentiel en fournissant des connaissances non encore partagées.

Le budget nécessaire (de 100 K€ à plusieurs M€) n'est pas négligeable mais on a mesuré, dans de nombreux cas, un retour sur investissement inférieur à deux ans. Selon une maxime répandue, un Datawarehouse ne s'achète pas mais il se construit. Pouvant être considéré comme un projet, il nécessite la création d'une équipe interne et externe, mais son implantation est moins perturbante que celle d'un ERP. La ventilation des coûts est souvent de :

- un tiers pour le matériel et l'infrastructure;
- un tiers pour le logiciel (extracteur, administrateur, bases de données et outils d'interrogation);
- un tiers service et personnel.

Au cœur des informations de l'entreprise, le système décisionnel, baptisé parfois « *Business Intelligence* », est un lien entre le *Back-Office* constitué par l'ERP et le *Front-Office* en liaison avec les clients ainsi qu'avec le système de pilotage de la logistique et de la planification.

8.7 SCM – *Supply Chain Management*

8.7.1 Définitions et objectifs

La gestion de la *chaîne logistique globale* est l'expression francisée du SCM bien qu'elle ne fasse pas apparaître les termes de pilotage, d'optimisation ou d'entreprise étendue qui caractérisent ce type de progiciel et le mode d'organisation qu'il entraîne.

Parfois également définie comme la gestion du flux physique alimentant l'entreprise, on peut décrire les outils SCM comme une couche décisionnelle au-dessus de la couche opérationnelle informatisée par les ERP.

L'accent mis sur l'aspect logistique traduit également une orientation plus centrée sur le client que sur le produit. En effet, un outil de pilotage réagissant rapidement aux modifications de la demande en réduisant les délais et les coûts, permet de fabriquer ce que le client veut plutôt que de lui vendre ce que l'on a produit.

Contrairement aux ERP qui offrent aux entreprises une visibilité de son activité actuelle, les progiciels SCM doivent permettre d'anticiper les décisions avec une vision transversale

de l'activité incluant des informations allant des fournisseurs de ses fournisseurs jusqu'aux clients de ses clients.

8.7.2 Les produits SCM

a) Les outils de simulation et de planification à long terme

Ces outils sont utilisés au niveau des décisions stratégiques. Les progiciels de simulation éclairent les choix en utilisant les données internes et externes issues des ERP, du Datawarehouse et d'autres sources éventuelles. Ils apportent une aide importante à :

- la localisation des usines;
- la prévision des ventes;
- le choix des fournisseurs;
- l'optimisation des livraisons;
- l'optimisation financière;
- la planification de la production à long terme.

Le terme d'« *Advanced Planning and Sceduling* » (APS) est parfois utilisé pour regrouper certain de ces outils plus ou moins élargis à des outils de planification et d'ordonnancement à moyen terme.

b) Les outils de planification et d'ordonnancement (niveau tactique)

Ces outils, baptisés SCP (*Supply Chain Planning*), s'intercalent entre la vision stratégique et l'opérationnel. À partir de calculs de prévisions détaillées ou agrégées par produit, par site ou par client, ils recherchent l'optimisation de la production, de son ordonnancement, de son stockage et de son réapprovisionnement, en incluant également la logistique et le transport.

Ils prennent en compte, sur plusieurs horizons de temps, les contraintes matérielles et humaines de l'entreprise et de son environnement.

Parfois spécialisés par type de production ou par métier, les outils SCP se composent de modules diversifiés, plus ou moins intégrés, assurant par exemple :

- le fractionnement et le regroupement des commandes;
- la déclinaison des articles en fonction du type de distribution;
- la détection des goulots d'étranglement;
- les variations du mode de présentation…

c) Les outils de contrôle (niveau opérationnel)

Bien que rattachés à la famille des modules SCM, ils se placent à côté, ou même en dessous, des ERP pour assurer un lien étroit entre la planification et l'exécution de celle-ci par les process.

On regroupe sous le terme de SCE (Supply Chain Execution) les modules de surveillance et d'aide à l'exécution des opérations logistiques concernant le stockage, l'étiquetage ou le transport. Ils assurent la traçabilité, l'allocation des ressources et l'analyse des performances.

On associe également à ce niveau, les outils de MES (Manufacturing Execution System) en liaison avec les outils de GPAO, qui assurent le contrôle et la mise en œuvre des équipements de mesure, de régulation et d'automatisation. Ils participent directement au pilotage du process.

8.7.3 Les acteurs du SCM

a) Les spécialistes

Avec une base installée implantée dans la fabrication des biens de consommation, Manugistics fut le premier leader du SCM. Mais I2 Technologies a conquis, depuis, une part importante du marché mondial grâce à son implantation dans les grands comptes des secteurs Hight-Tech.

Derrière, Synquest est très présent dans les MES et Aspen dans les industries du process. Dynasys et Logility présentent une offre accessible aux moyennes entreprises.

b) Les éditeurs d'ERP

L'imbrication entre certains modules SCM et ERP a entraîné les éditeurs d'ERP à proposer des solutions SCM complémentaires présentant l'avantage de conserver l'unicité du modèle de données :

- SAP offre APO (Advanced Planning and Optimization);
- JD Edwards, BAAN ou Adonix ont racheté des éditeurs spécialisés.

Certains, comme ORACLE, préfèrent construire des partenariats assurant l'interfaçage entre les modules.

c) Mise en œuvre du SCM

Seuls, quelques pour cent des grandes sociétés ont terminé l'implantation complète d'un SCM. Mais la réussite de DELL ou de CISCO peut, pour une part non négligeable, être attribuée à ce choix.

La mise en œuvre d'un SCM concerne moins d'utilisateurs que celui d'un ERP, mais il nécessite une implication importante de la Direction et l'acquisition de nouvelles compétences. Le budget d'implantation de ces modules se compte souvent en millions de francs et le SCM implique une réorganisation en profondeur du système de pilotage. Sa complémentarité avec les ERP en fait un prolongement naturel de ceux-ci et son marché devrait continuer à croître à un rythme voisin de 40 %.

8.8 CRM – *Customer Relationship Management*

8.8.1 Définition

Le CRM, ou gestion de la relation client (GRC), complète le système d'information en liaison avec la gestion opérationnelle par les ERP, le *Datawarehouse* (données informationnelles) et le SCM (pilotage et planification).

Orienté vers les clients, le CRM regroupe les outils de front-office, plus ou moins nouveaux, pour couvrir :

- le marketing : gestion des prospects;
- la vente : gestion des clients;
- l'après-vente : gestion du support.

Les outils de CRM recherchent souvent à valoriser le capital client en établissant une relation profitable et durable avec chacun des clients. Partant du fait que la fidélisation a un

coût, plusieurs fois inférieur à l'acquisition, les outils de SCM recherchent à favoriser la satisfaction des attentes des clients.

La mise en place d'un CRM n'est pas neutre sur le plan organisationnel en plaçant le client, et non le produit, au centre de la stratégie de l'entreprise, d'où le terme d'« intimité client » parfois utilisé. Cette démarche privilégie, par exemple, le flux tiré comme type de production et elle débouche actuellement sur la création de centres d'appel ou de commerce électronique.

Cette gestion différenciée du capital client nécessite :

- l'adaptation de la production et de la logistique aux souhaits du client;
- la mise en place d'outils de dialogue et d'analyse du comportement;
- la mesure de la dimension financière de la fidélisation.

8.8.2 Les outils de CRM

Les outils traditionnels de gestion des ventes et d'analyse des campagnes marketing voisinent avec les outils utilisant les techniques de datamining plus élaborées. Ceci débouche parfois vers une gestion de la connaissance (*Knowledge management*) orienté client.

On peut effectuer les regroupements suivants :

- les progiciels d'analyse statistique des données qui permettent d'établir des liens entre les diverses variables étudiées assurant, par exemple, une segmentation de la clientèle;
- les progiciels de conduite d'enquêtes, facilitant l'élaboration, le dépouillement et la présentation de résultats;
- la gestion des campagnes marketing et l'analyse de leurs résultats;
- les bases de données comportementales ou géographiques;
- la gestion des forces de vente :
  - automatisation des tâches;
  - gestion des temps et des agendas;
  - suivi des commandes;
  - analyse de l'activité;
- la constitution automatique de propositions;
- la configuration de produits à la demande;
- les outils de fidélisation :
  - gestion des cartes et des coupons;
  - proposition d'achats complémentaires;
- l'analyse de la réclamation;
- les outils liés aux centres d'appel.

8.8.3 Les acteurs et la mise en œuvre

Parmi les pionniers de ces outils, Clarify a été racheté par Nortel et Vantive par Peoplesoft. Avec une part très importante du marché, SIEBEL a conclu de nombreux accords avec des éditeurs d'ERP et SCM, ainsi qu'avec IBM et Microsoft. Ses produits couvrent l'ensemble du *front-office* ainsi qu'une offre métier dans les secteurs de la banque, des assurances, des biens de consommation et des nouvelles technologies.

Un grand nombre d'éditeurs proposent une offre n'assurant qu'une fonction du CRM. Ce foisonnement est actuellement renforcé par l'orientation « e-business » de ces produits.

8.9 L'ÉVOLUTION DU SYSTÈME D'INFORMATION

La présentation des divers progiciels disponibles pour la gestion opérationnelle, le décisionnel, le pilotage et l'analyse du client, montre à quel point l'informatisation du système d'information des entreprises est développée. Il s'étend, maintenant, de plus en plus au système opérant et au système de pilotage.

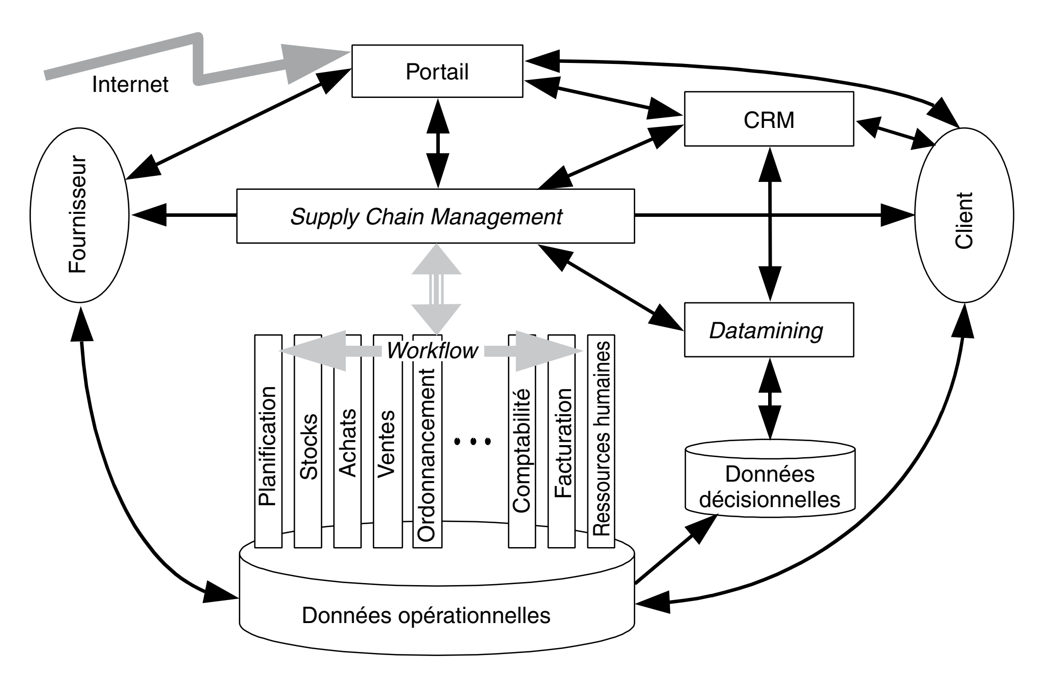


Figure 8.6 Système d'information (interne).

La figure ci-après, synthétise les liaisons entre ces divers progiciels. Elle doit être complétée par les outils de communication d'échange, à la vitesse de l'électronique, de toutes les informations, soit au sein de l'entreprise, soit en externe avec les fournisseurs, les clients et même l'ensemble des acteurs de l'activité économique.

La « qualité » 9

9.1 Évolution de la qualité

9.1.1 Évolution de la maîtrise de la qualité

Il est de coutume de présenter l'évolution de la qualité en terminant par la maîtrise de la qualité. En fait, de tout temps, les entreprises ont cherché à maîtriser cette qualité. Toutefois, au fil des temps, celle-ci a pris plusieurs formes.

a) À l'origine

La qualité est traditionnellement associée au travail de l'artisan (« celui qui sait » par opposition à « celui qui parle ») qui, par principe, aime le travail bien fait. À cette époque, l'artisan, pleinement responsable de son travail, avait une parfaite maîtrise de la qualité.

b) Premier élément de rupture : révolution industrielle

Comme nous l'avons vu précédemment, la mise en place d'organisation taylorienne et fordienne a mis en évidence la nécessité d'une maîtrise intermédiaire. Dans un premier temps, les postes de chef d'équipe et de contremaître ont été pourvus par les meilleurs ouvriers qui, connaissant parfaitement leur métier, arrivaient à maîtriser la qualité en production en donnant des ordres aux exécutants et en contrôlant le travail réalisé. Face à l'augmentation de la production, les agents de maîtrise n'avaient plus le temps d'assurer le contrôle de la qualité qui est alors devenue une fonction autonome dotée des moyens adéquats ; le travail de ces agents de maîtrise étant recentré sur les ordres d'exécution.

c) Deuxième élément de rupture : la Seconde Guerre mondiale

La complexité des projets (armement, spatial, nucléaire…) et les risques liés ont conduit à créer le concept d'assurance qualité qui va changer la manière de maîtriser la qualité. En effet, plutôt que de contrôler la qualité en fin de réalisation, la mise en place d'une définition de ce qui doit être fait (préétabli) vise à s'assurer, avant la fabrication, d'une certitude de la qualité attendue des produits. Dans un premier temps, ce furent les cadres « experts » qui ont rédigé ces préétablis. Comme ils étaient issus de l'entreprise elle-même, ceux-ci se sont avérés très vite corrects.

9.1.2 Différentes approches de la maîtrise de la qualité

Très vite, il est apparu la nécessité d'établir des documents récapitulant un ensemble de questions pertinentes, issues de toutes les erreurs vécues, à se poser pour définir un préétabli exhaustif, sans faire d'impasse. Ces documents, issus des normes de l'armée américaine, sont devenus, par la suite, les normes ISO ; nous étions passés du correctif (avec le contrôle qualité) au préventif (avec l'assurance qualité au niveau de la réponse des experts) pour finir à l'ultra préventif (avec un questionnement de type ISO 9000).

Face à un besoin croissant des cadres intermédiaires, les entreprises ont été conduites à embaucher du personnel issu des écoles ou d'autres entreprises. Ces cadres n'avaient pas la parfaite connaissance de leurs nouveaux métiers et les préétablis à la réalisation étaient moins bien rédigés (l'expérience professionnelle se trouvait bien souvent, aussi, dans les têtes des ouvriers). Cependant, l'approche occidentale a été de rechercher le savoir chez les experts-responsables en négligeant la recherche via les exécutants.

Au Japon, ce problème a été abordé différemment. Après la Seconde Guerre mondiale, le contrôle qualité s'est répandu dans tous les pays du monde et les experts américains (William Edwards Deming, Dodge, Armand Vallin Feigenbaum (promoteur du concept TQC : Total Quality Control en 1951 qui anticipait la recherche sur la qualité totale des années 1970), Joseph Juran…) sont fréquemment consultés, à la demande de Kaoru Ishikawa et de la JUSE (Japonese Union of Scientists and Engineers – Fédération nippone des ingénieurs et chercheurs créée en 1946 sous la direction d'Ishikawa), par les Japonais qui, dans la phase de reconstruction de leur industrie, souhaitent développer leur compétitivité mondiale en sensibilisant, de façon massive, tous les acteurs des entreprises. Cette formation s'est finalisée, entre autres, par la création des cercles de qualité en 1962. Dans ces cercles, les cadres japonais écoutaient les ouvriers sur les difficultés rencontrées au quotidien afin de réactualiser leurs préétablis de réalisation. Les Japonais se sont servi des cercles de qualité comme un moyen de formation et d'écoute des employés qui se sont inscrits dans une démarche d'amélioration continue (Kaizen) de leur outil de production en apportant une attention permanente à faire toujours mieux.

Il est paradoxal de noter que les bases de la TQC (Total Quality Control), proposées par les Américains dans les années 50, ont été mises en application dès les années 60 au Japon, sous l'influence de PH Crosby qui proposait sa démarche « zéro défaut », alors que les Américains ne l'ont réellement appliquée qu'au début des années 80. Cette différence s'explique par le fait que les entreprises japonaises ont pensé principalement aux objectifs à long terme en privilégiant l'opérateur comme participant à une communauté humaine (raisonnement centré sur le « client salarié ») alors que les entreprises américaines ont visé le court terme en ne voyant l'entreprise uniquement comme une entité économique dont le but était d'optimiser le profit (raisonnement centré sur le « client actionnaire »).

Les Américains, et les pays occidentaux ont également mis en place des cercles de qualité malheureusement ils s'en sont servis surtout comme outil d'amélioration de la productivité. De plus, la reconnaissance du travail et du savoir n'a été que très rarement répercutée vers les ouvriers et ce sont les cadres qui ont bénéficié des retombées. Cette injustice est certainement la cause principale de l'extinction de ces cercles de qualité en Occident. Une autre cause de l'échec des cercles de qualité peut s'expliquer par une approche trop taylorienne de l'entreprise (on ne réfléchissait que dans un service bien déterminé)

alors qu'il fallait le faire de manière plus transversale, comme l'on fait les groupes de progrès qui ont malheureusement disparu avec la grande vague de l'ISO.

9.1.3 Le contrôle qualité

Si le mode de production proposé par Taylor, que nous avons vu précédemment et qui reposait sur une division du travail, s'est avéré efficace au niveau productivité, il a vite montré ses limites au niveau de la conformité du produit. Ce mode de production amplifié par Ford et, plus tard par la production « au boni », a complètement déresponsabilisé les hommes dans la qualité de leur travail (« il fallait être très productif ») et a entraîné des coûts très importants de non-qualité.

La première réponse à cet état de fait a été de fixer des seuils de tolérances à respecter afin de mieux maîtriser la conformité de la production. S'appuyant sur les apports des statistiques et des probabilités, les usines Bell Telephone ont mis en place, en 1924, le premier service qualité qui visait à renforcer la conformité de la production. C'est alors que le « contrôle qualité » s'est développé avec comme objectif de garantir la conformité du produit vis-à-vis du client. C'est à cette époque (1926) que l'AFNOR a été créé en France conduisant, dans cette logique, à créer la marque « NF » au début des années 40.

9.1.4 L'assurance de la qualité

Durant la seconde guerre mondiale, avec un souci de s'assurer, au préalable, de réaliser un armement fiable avant même la fabrication, les États Unis ont ressenti la nécessité d'établir un questionnaire qui va déboucher, début 1947, par la création de l'ISO. À partir de ce moment, il va être mis en place, un système préventif qui devait conduire à piloter la production dans le but de pouvoir éviter les contrôles *a posteriori*. C'est le début de la notion « d'assurance qualité ». Elle consistait à mettre en œuvre un ensemble approprié de dispositions préétablies et systématiquement destinées à donner confiance, *a priori*, à l'obtention régulière de la conformité requise et la satisfaction du client. De cette expérience américaine, Joseph Juran publiera un livre qui restera longtemps un ouvrage de référence dans le domaine de la qualité.

À partir de ce moment plusieurs secteurs ont proposé, chacun de leur côté, un questionnement spécifique à leurs activités (nucléaire : Q1, Q2, Q3 ; armement : RAQ1, RAQ2, RAQ3…), si bien qu'une entreprise travaillant sur plusieurs de ces secteurs était obligée de se faire reconnaître dans chacun de ces référentiels.

À partir des années 1980 une trentaine de pays participent au lancement de normes internationales d'assurance qualité proposées par l'ISO. Ces normes vont servir de référence pour vérifier si les entreprises ont mis en place les moyens et activités qui permettent de s'assurer, a priori, de la qualité des produits qu'elles seront amenées à réaliser. C'est le début de la « certification des entreprises ». Dans un premier temps, chaque pays a unifié ses propres référentiels : c'est le cas des normes NFX 50-13x en France qui ont évolué de 1980 à 1987. Ensuite, l'ISO a unifié tous les référentiels de chaque pays, pour établir un référentiel unique qui deviendra, après universalisation et plusieurs évolutions (1994, 2000), les normes de la série ISO 9000 en vigueur à ce jour.

Si les normes ISO 9000 version 1994 étaient plus centrées vers l'aptitude de l'entreprise à réaliser des produits conformes aux spécifications attendues, celles de la version 2000 sont plus orientées vers la satisfaction du client. L'assurance qualité a pour but de donner confiance

en ce que les exigences pour la qualité seront satisfaites. Donc, l'assurance qualité doit rassurer les clients, ils veulent zéro impasse. Cette évaluation doit être faite avant le travail réalisé.

Malheureusement, une mauvaise compréhension de l'assurance qualité, dans les années 1990, s'est traduite par un excès de bureaucratie. En effet, l'application des normes ISO 9000 version 1994 s'est finalement matérialisée par le fameux « manuel qualité » dans lequel étaient retranscrites des procédures lourdes qui avaient été élaborées sans consultation des opérateurs qui devaient les appliquer dans leur travail quotidien. En fait, ces normes unifiées pour des activités complexes, ont été utilisées par des entreprises qui ne justifiaient pas de réponses complexes à des questions simples et pertinentes. La version 2000 vise à diminuer cette incompréhension en prenant plus en compte le client.

9.2 Vers la qualité totale

a) Évolution du mot « qualité »

Par « qualité », on peut entendre l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et/ou implicites d'un client. Ceux-ci veulent des produits avec zéro défaut mais, malheureusement, cette évaluation est faite après le travail réalisé.

La qualité a évolué, dans le temps, de manière conjoncturelle. En économie de production, alors que la demande était plus forte que l'offre, l'objectif de l'entreprise était, avant tout, de gagner de l'argent. La qualité se limitait à la conformité du produit.

En économie de marché, l'offre est plus importante et le client a le choix. L'entreprise a fait évoluer la qualité vers la satisfaction des besoins des clients sur la conformité produit, le respect des délais avec le service en plus et au moindre coût.

Face à la concurrence, l'entreprise a compris que le service associé au produit prenait une pleine importance et a commencé à tenir le raisonnement suivant : si mes salariés se sentent bien, ils fourniront un meilleur service aux clients qui s'en rendront compte et me feront, de ce fait, gagner plus d'argent. Ce raisonnement était d'autant plus pertinent que les règles de l'État l'obligeaient à des actions obligatoires. Cette approche de satisfaction et de fidélisation des employés prend tout son sens face à la difficulté future des entreprises de trouver du personnel qualifié.

De manière analogue au raisonnement tenu pour les salariés, la « Collectivité » attend de l'entreprise une contribution dans les domaines économique, social, éthique, culturel, environnemental…

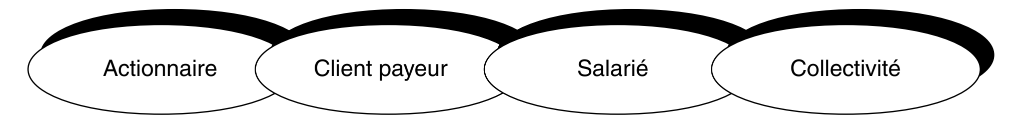


Figure 9.1 – Les 4 clients d'une entreprise.

En conclusion, nous retrouvons nos 4 clients présentés dans le chapitre 1. L'entreprise doit faire attention de ne pas traiter la qualité en se limitant à la satisfaction du client payeur (comme on pourrait interpréter les normes ISO 9000 version 2000) mais en l'élargissant à

cette vision globale et politique que nous permet cette définition (comme l'aborde le Prix européen de la qualité : EFQM).

b) La gestion de la qualité

Faire une erreur est humain mais faire deux fois la même erreur est très condamnable. Le rôle de la gestion de la qualité consistera donc à recenser, analyser et interpréter toutes les anomalies de production afin de définir les actions correctives à mener sur les moyens (humains et industriels) et sur les méthodes de conception et de réalisation des produits afin d'en réduire l'incidence technico-économique.

Une bonne gestion de la qualité doit conduire à produire directement de la qualité. Pour cela, il est indispensable d'intégrer la qualité dans tout le processus de fabrication. De plus, si au départ, seules les actions correctives étaient envisagées, actuellement nous cherchons à avoir des actions préventives. En analysant les dérives tout au cours de la production, il est possible de prévoir les défauts et y remédier avant leur apparition.

L'obtention de la qualité souhaitée requiert l'engagement et la participation de tous les membres de l'entreprise. La gestion de la qualité nécessite donc une planification stratégique et une allocation de ressources en vue de l'obtention de cette qualité.

c) La qualité totale

Pendant très longtemps, les entreprises se sont attachées à produire des produits de qualité. Aujourd'hui, cela ne suffit plus et les entreprises performantes construisent leur compétitivité sur le concept de qualité totale allant de l'accueil du client à la responsabilisation de tous les employés et en réalisant des produits de qualité.

C'est donc un véritable mode de vie, une nouvelle démarche culturelle. La recherche de la qualité totale est une démarche à petits pas d'amélioration permanente à tous les niveaux de l'organisation et dans tous les domaines. C'est une démarche similaire à la démarche de gestion de production qui tend à responsabiliser, grâce à des démarches participatives, la totalité du personnel. Une telle démarche doit conduire à atteindre les fameux cinq zéros japonais (zéro défaut, zéro délai, zéro en-cours, zéro panne, zéro papier).

D'une stratégie de détection, qui n'améliore pas la qualité, qui augmente les délais, les coûts et les prix, l'entreprise passe progressivement à une stratégie de la prévention.

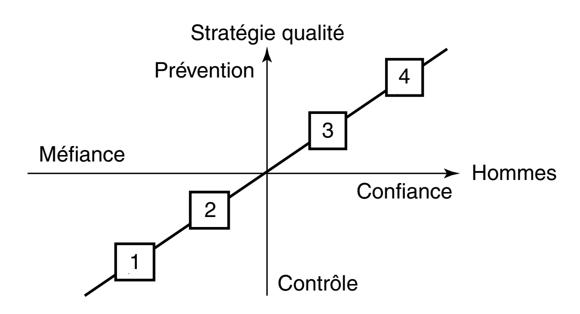


Figure 9.2 – **Évolution de la qualité.**

Les étapes notées de 1 à 4 correspondent à des stades d'évolution de la position des contrôles dans le processus de production qui seront présentés par la suite.

d) L'amélioration continue

Face à l'obligation d'améliorer en permanence la satisfaction des clients, l'entreprise peut évoluer de différentes manières :

– de **manière corrective**. Cette manière consiste à rechercher toutes les causes de défectuosités qui surviennent tout au long du processus de conception et de réalisation des produits afin de proposer une action de progrès pour les supprimer. L'approche occidentale consistera souvent à établir des plans d'action en faisant participer principalement des « experts » alors que l'approche japonaise privilégiera une participation conjointe des experts et des employés. Les exécutants doivent devenir « acteurs » et aussi « auteurs » (experts) pour une meilleure appropriation des actions de progrès. De plus, la recherche des causes ne doit pas être celle du coupable pour garantir une réelle implication de tout le monde.

– de **manière préventive**. Cette manière impose d'avoir une attitude d'anticipation des problèmes potentiels qui peuvent survenir, en utilisant des outils de type AMDEC ou les normes ISO comme guide de questionnement. L'ISO ne doit pas être vu comme des exigences de réponses mais comme un questionnement qui doit éviter toute impasse car il ne faut pas appliquer de la même manière ce qui fait le succès des uns chez les autres sans repasser par la question initiale : « La réponse est la calamité de la question ».

Conformément à l'esprit des normes ISO 9000 (version 2000) chaque entreprise se doit d'engager une amélioration permanente, et ceci quels que soient sa taille, son activité et son passé. Le principe de l'amélioration continue constitue le fondement de toute démarche de progrès, notamment des démarches qualité. Aussi, il est souhaitable que l'amélioration continue soit un souci constant de l'entreprise, devenant, ainsi, un des moteurs permettant de tendre vers l'excellence. Elle peut s'appuyer sur une méthodologie particulière, telle que la roue de Deming décrite dans la figure ci-après.

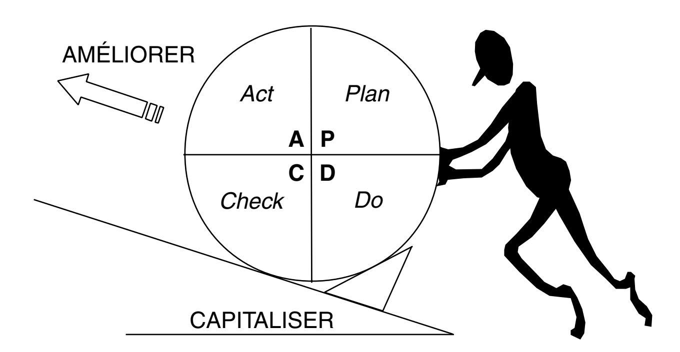


Figure 9.3 – **Roue de DEMING : une méthode d'amélioration continue.**

La roue de Deming, plus connue sous le nom de « PDCA », nous permet de montrer la dynamique de l'entreprise. Pour cela, cette roue, divisée en quatre parties, est représentée sur un plan incliné pour symboliser l'amélioration continue :

- Le « P : Plan » (défini comme planification dans la norme ISO 9001 : 2000) est le préétabli du système qualité de l'entreprise. Il doit bien sûr être conforme aux exigences des documents de référence, ou alors les impasses se doivent d'être maîtrisées. Ce « P » est défini par les experts et approuvé par les responsables.
- Le « P » est ensuite mis en œuvre par les exécutants ce qui constitue le « D : Do » (faire).

- Le « C : Check » (vérifier) matérialise la mesure de l'efficacité qui est mesurée par les clients du système qualité.
- Le « A : Act » (agir) est la remise en cause du « P » par une recherche d'actions correctives et permet la dynamique d'amélioration continue

9.3 Fonctionnement d'un processus

9.3.1 Piloter un processus

Piloter un processus consiste, essentiellement pour son responsable, à prendre des décisions sur l'ensemble des ressources que dispose, ou qui sont en relation avec, ce processus, qu'il soit « processus support » ou « processus opérationnel ».

Pour mesurer le bon fonctionnement d'un processus, il est nécessaire de définir un tableau de bord constitué de « facteurs clés de succès ». Ils permettent de s'assurer que les moyens mis en œuvre dans le processus sont bien qualifiés et que le processus est efficient.

Un facteur clé de succès est une variable que l'on mesure en correspondance avec un phénomène étudié. Il doit :

- être représentatif du phénomène étudié ;
- facilement mesurable mais peut-être résultat de calcul ;
- être, si possible, immédiatement accessible ;
- fourni par un capteur qui donne une valeur fiable.

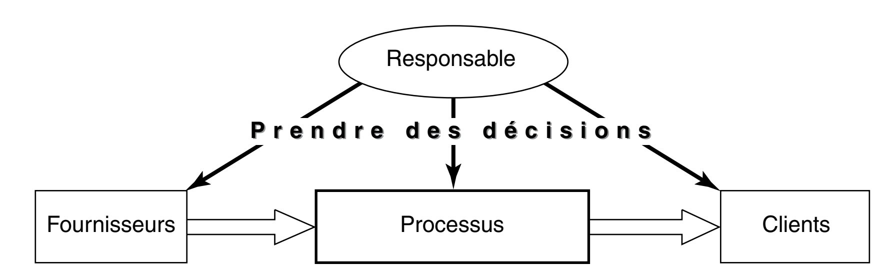


Figure 9.4 – **La prise de décisions dans la chaîne logistique globale.**

Toutefois, une décision ne peut être prise que si ce responsable possède les informations qui lui permettent d'élaborer les décisions qu'il doit prendre. Ces informations concernent la totalité de la chaîne logistique et sont de natures très différentes :

- information de structure ;
- information circulante ;
- information de mémoire.

Définition

Prendre une décision est un acte par lequel une autorité fait un choix

Les décisions ne sont pas toutes de même nature ni de même niveaux. On peut avoir :

- des décisions « programmables » ;
- des décisions « non programmables ».

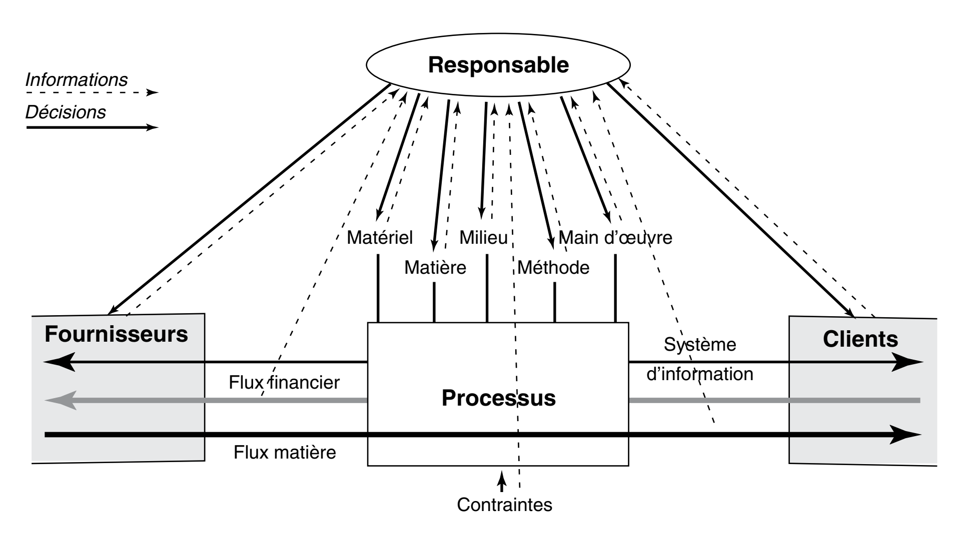


Figure 9.5 – **Les informations dans la prise de décisions.**

Une décision implique obligatoirement une prise de risque.

Définition

Le risque est le niveau d'incertitude à partir duquel un individu est prêt à s'engager dans une action particulière

Le risque peut être :

- connu :
  - mesurable, quantifiable ;
  - non mesurable ;
- inconnu.

Avant de prendre une décision, il faut :

- évaluer le risque ;
- faire confiance dans l'évaluation ;
- assumer les conséquences de la décision.

9.3.2 Réalisation du préétabli

Le « préétabli » définit, en conformité avec les documents de référence, les solutions et procédures à mettre en œuvre pour viser la satisfaction immédiate des besoins des clients.

Au début ce furent les cadres « experts » qui ont rédigé ces préétablis, comme ils étaient issus de l'entreprise elle-même, ceux-ci se sont avérés très vite corrects. Assez rapidement il est apparu la nécessité d'établir des documents récapitulant un ensemble de questions pertinentes :

Documents de références
Marché
Normes ISO
P Préétabli

Figure 9.6 – **Réalisation du préétabli.**

- issues de toutes les erreurs vécues,
- à se poser pour définir un préétabli exhaustif, sans faire d'impasse.

Ces experts sont désignés par le responsable du processus concerné pour définir le système en conformité avec le marché, en se servant des normes ISO comme liste de questionnement pour faire zéro impasse.

9.3.3 Différence entre non-qualité et non-conformité

La « non-qualité » est, par déduction, l'opposition de la définition que nous avons vue précédemment. Cette « non-qualité » possède un coût mal maîtrisé dans l'entreprise. Il s'avère généralement plus coûteux de corriger les défauts ou les erreurs que de « faire bien » dès le départ. D'autre part, le coût de la « non-qualité » est d'autant plus important qu'elle est détectée tardivement.

La « non-conformité[1] » est tout écart par rapport à des normes, pratiques, procédures, réglementations, performances de système de management, etc. qui pourrait entraîner, directement ou indirectement, des blessures ou maladies, des dommages à la propriété, à l'environnement du lieu de travail, ou une combinaison de ces éléments. Dans un cadre organisationnel, une « non-conformité » est une non-satisfaction à une exigence spécifiée, qui n'est pas obligatoirement une erreur. Par contre, mal prise en compte à temps, elle peut entraîner, directement ou indirectement, une « non-qualité ».

À cette occasion, on remplit une fiche d'amélioration de la qualité (FAQ) document à rédiger lorsqu'une non-conformité est détectée ou pour proposer une amélioration. Chaque personne de l'entreprise « **a le devoir** » de renseigner ce type de fiche lorsqu'elle rencontre une non-conformité. Cette fiche est un outil d'écoute, de mesure et de progrès car elle permet de mettre en évidence les dysfonctionnements de l'organisation et, ainsi, pouvoir s'améliorer.

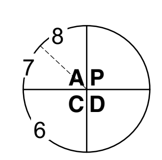
9.3.4 Management d'un processus : passage du correctif au préventif

Études le rôle du responsable d'un processus dans un contexte d'amélioration continue :

a) Premier rôle du responsable

– Il est responsable de l'efficacité et de l'atteinte des objectifs de son système. Il doit :
  - s'assurer que les clients sont contents (Indicateurs d'efficacité) ;
  - mettre en place un système de mesure ⑥ ; par exemple :
    - actionnaire : marge, valeur capitalistique…
    - client payeur : conformité du produit, respect du délai…
    - salarié : accident du travail, absentéisme…
    - collectivité : taux de déchet, nombre d'emplois créés…

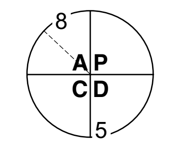
– En cas d'écarts, il doit :
  - analyser les causes de ces écarts ⑦ ;
  - faire déclencher des actions de correction par des experts ⑧ ;
  - s'assurer qu'à partir de cette écoute son organisation (ou celle de ses fournisseurs) s'améliore sur un autre tour de la roue de Deming.



C'est un management correctif
À ce stade, nous traitons de la non-qualité

1. Norme OHSAS 18001.

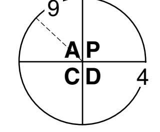
b) Deuxième rôle du responsable



– Il est responsable de l'application de son système. Il doit :
  - mettre en place des outils de contrôle de conformité après la réalisation par l'opérateur ⑤.
- En cas d'écarts, il doit :
  - s'assurer du déclenchement du traitement des écarts que l'opérateur « **a eu** » par les experts définis (modification ponctuelle du « P ») ;
  - faire déclencher des actions de correction par des experts ⑧ ;
  - s'assurer qu'à partir de cette écoute son organisation (ou celle de ses fournisseurs) s'améliore sur un autre tour.

Nous sommes passés du management correctif au management semi-correctif.
À ce stade, nous traitons de la non-qualité et de la non-conformité.

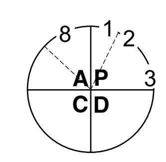
c) Troisième rôle du responsable



– Il est responsable de l'application de son système. Il doit :
  - mettre un système d'écoute avant l'application du système ④.
– En cas d'écarts, il doit :
  - s'assurer du déclenchement du traitement des écarts que l'opérateur « **pourrait avoir** » par les experts définis (modification ponctuelle du « P ») ;
  - faire déclencher des actions de correction par des experts ⑧ ;
  - s'assurer qu'à partir de cette écoute son organisation (ou celle de ses fournisseurs) s'améliore sur un autre tour.

Nous sommes passés du management semi-correctif et correctif
au management semi-préventif.
À ce stade, nous ne traitons que de la non-conformité.

d) Quatrième rôle du responsable



– Il est responsable de la définition de son système. Il doit :
  - s'assurer que les experts chargés de la réalisation du préétabli sont bien en possession de tous les documents de référence et concernant le marché ① ;
  - faire définir par les experts , les informations de type savoir faire nécessaire à l'exécution des tâches en conformité avec des documents de référence (ISO) ;
  - approuver les informations de savoir faire définies par ses experts ③ ;
  - s'assurer que l'information de savoir faire et opérationnelle (définie par les clients) est présente aux points d'utilisation pour que l'opérateur puisse réaliser sa tâche.
– En cas d'écarts, il doit :
  - déclencher, ou faire déclencher, des actions de correction par des experts ⑧ ;
  - s'assurer qu'à partir de cette écoute son organisation (ou celle de ses fournisseurs) s'améliore sur un autre tour.



Nous sommes passés du management semi-préventif, semi-correctif et correctif au management préventif. À ce stade, nous ne traitons que de la non-conformité.

9.3.5 Recherche de l'efficience d'un système

Nous venons de voir, dans le § précédent, la démarche naturelle constatée (de l'étape ⑧ à l'étape ①) que tout responsable applique généralement pour piloter un système. Vous ne vous étonnerez pas que nous préconisons la démarche inverse, c'est-à-dire un management dans l'ordre des étapes (de l'étape ① à l'étape ⑧).

Pour progresser dans le domaine de la qualité, le « chef » doit évoluer et faire en sorte de « réaliser immédiatement de la qualité » et faire en sorte que le système dont il est responsable soit efficient.

Définition

L'efficacité d'un système est la capacité à atteindre les buts alors que l'efficience est la capacité à atteindre les buts au moindre coût.

En reprenant les domaines « P » et « D » de la roue de Deming, une analyse des zones définies dans la figure ci après nous permet de mettre en évidence l'efficience du système :

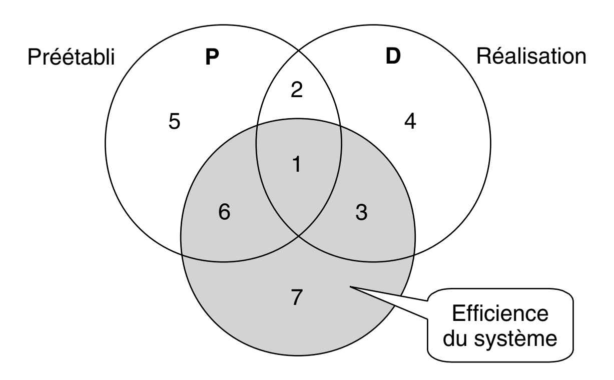


Figure 9.7 – **Relation référentiel, système qualité et application.**

- Zone 1 : le système est défini, appliqué et efficace, c'est, bien sûr, la situation idéale.
- Zone 2 : le système est défini, appliqué mais non efficace. Le préétabli est entièrement à revoir.
- Zone 3 : le système n'est pas appliqué mais ce qui est réalisé est efficace. Les écarts doivent conduire à une révision du préétabli.
- Zone 4 : le système n'est pas appliqué et ce qui est réalisé n'est pas efficace. On est parfaitement dans de la « non-qualité ».
- Zone 5 : le système est défini mais n'est pas appliqué et heureusement… Le préétabli est entièrement à revoir.
- Zone 6 : le système est défini, n'est pas appliqué et devrait l'être. Il est nécessaire de réagir auprès des opérateurs.
- Zone 7 : comment être efficace sans rien prévoir et sans rien faire ?

Un processus performant est un processus qui réalise exactement le préétabli de son système qualité, lui-même ayant été réalisé en respectant les référentiels en vigueur. Il est donc nécessaire de chercher à ce que les trois cercles ci-dessus soient superposés. Un des objectifs de la certification visera à vérifier cette superposition.

9.4 Les certifications dans l'entreprise

9.4.1 Historique de la certification

Nous avons vu que, dans les usines de la première industrialisation, les conditions d'hygiène et de sécurité des ouvriers, étant très médiocres, engendraient de nombreux accidents. C'est alors que l'État, visant une amélioration de la vie de ces ouvriers, a mis en place un certain nombre de règles de sécurité qui allaient être à l'origine du code du travail (référentiels des bonnes pratiques des conditions de travail).

Après l'établissement de ces règles, l'État a nommé un certain nombre de personnes accréditées chargées de vérifier la bonne application de ces règles dans l'entreprise : c'est le début de la certification.

À cette époque, les entreprises se contentaient de réaliser des produits sans se soucier des éventuels risques encourus par les utilisateurs. Une fois de plus, l'État a pris en compte cet état de fait et a établi un certain nombre de règles de réalisation des produits visant à la sécurité des utilisateurs. Ces règles allaient progressivement devenir le référentiel normatif de certification des produits NF.

De plus, comme nous l'avons vu également, la complexité des projets (armement, spatial, nucléaire…) et les risques liés ont conduit à créer le concept d'assurance qualité qui visait à s'assurer, avant la fabrication, d'une certitude de la qualité attendue des produits. Il est donc, très vite, apparu la nécessité d'établir des documents récapitulant un ensemble de questions pertinentes, issues de toutes les erreurs vécues, à se poser pour définir un préétabli exhaustif, sans faire d'impasse. Ces documents, issus des normes de l'armée américaine allaient devenir les référentiels de questionnement en prenant le nom de « normes ISO ».

Il est apparu alors la nécessité de vérifier si les entreprises fonctionnaient en accord avec ces normes.

9.4.2 Les référentiels

Il existe plusieurs types de référentiels :

➤ *Les référentiels externes normatifs*

Le référentiel est un document technique définissant les caractéristiques que doit présenter le produit, les conditions de production et de fabrication et les modalités de contrôle de la conformité du produit à des caractéristiques.

Ces référentiels permettent de vérifier la conformité d'un champ d'étude par rapport à des valeurs normatives. Dans ce cas, la réponse à chaque question est obligatoire.

➤ *Les référentiels externes de questionnement*

Ces référentiels, comportent des solutions à des problèmes techniques ou organisationnels qui se posent de manières répétées entre partenaires économiques, scientifiques, techniques

et sociaux. Il peut être utilisé de manière répétée ou continue mais n'a pas un caractère obligatoire.

Ces référentiels, approuvés par des organismes à activité normative, permettent de se poser les questions afin de vérifier si l'entreprise est apte à réaliser le préétabli qu'elle a défini.

➤ *Les référentiels internes*

Ces référentiels permettent de réaliser le préétabli du système et à vérifier, par la suite, sa bonne exécution (manuel qualité, gamme de fabrication…).

Les référentiels homologués font l'objet d'une mention au Journal officiel. Ils sont identifiés par leur numéro d'homologation et leur consultation s'effectue auprès des organismes de diffusion des normes. Si les référentiels normatifs s'attachent à la qualité d'un produit ou d'un service, les référentiels non normatifs ne sont pas attachés à un niveau de performance d'un produit. Il est important de souligner que ces derniers sont génériques et donc indépendants du secteur d'activité ou de la taille de l'entreprise.

9.4.3 Les référentiels externes normatifs

a) Les référentiels de produits

Le Code de la consommation définit une certification comme la vérification qu'un produit ou un service, réalisé à des fins commerciales, est conforme à des caractéristiques décrites dans un référentiel et fait l'objet de contrôles. La définition légale de la certification produit fait apparaître deux éléments essentiels :

- faire apparaître les caractéristiques spécifiques du produit ;
- être délivré par un organisme distinct du fabricant, de l'importateur ou du vendeur.

Pour cela, on distingue :

- les signes de la qualité du produit, orientés tout entier vers le seul produit pris en lui-même ;
- les signes de la qualité du terroir, sans nier la qualité du produit font remonter la qualité vers l'amont, c'est-à-dire vers le lieu de production du produit.

Parmi les signes de la qualité, on trouve :

- les labels (Label rouge…) ;
- les caractéristiques consignées dans un règlement technique ou une norme, pour les certifications de conformité (marque NF…) ;
- les appellations d'origine contrôlée (AOC : appellation d'origine contrôlée…).

L'entreprise qui souhaite certifier un de ses produits et l'étiqueter comme tel, doit respecter les conditions suivantes :

- respecter le cahier des charges de production ou d'élaboration ;
- être situé, le cas échéant, dans la zone de production ou d'élaboration (pour les AOP : appellation d'origine protégée et IGP : indications géographiques protégées) ;
- se soumettre aux contrôles d'une tierce partie indépendante, distincte du fabricant, de l'importateur, du vendeur ou du prestataire.

b) Les référentiels de qualification des personnels

Puisqu'une compétence n'existe qu'à partir du jugement d'autrui, se pose souvent la question, dans ce domaine, de qui est habilité, et avec quelle légitimité, à élaborer des référentiels sur les compétences des personnels.

Il est, toutefois, nécessaire de disposer un référentiel des compétences qui recense et décrit les « savoir », les « savoir faire » et les « savoir être » utiles à une entreprise. En France, l'ANPE, en partenariat avec des entreprises, des chercheurs et divers organismes (INSEE, ONISEP, APEC, CEREQ, etc.), a produit un document (le ROME – Répertoire opérationnel des métiers et des emplois) qui clarifie, par métier, les compétences nécessaires à leur bonne exécution.

Le ROME est constitué de fiches emploi/métier pour lesquelles sont définies :

- les compétences techniques de base (savoirs indispensables pour réaliser les activités correspondantes),
- les compétences associées (savoirs et savoir-faire non indispensables, mais complémentaires),
- et les capacités liées à l'emploi (surtout les savoir-être, le plus souvent requis).

L'architecture du ROME est basée sur un découpage hiérarchique du plus large au plus spécifique :

- 22 catégories professionnelles,
- 61 domaines professionnels,
- 466 emplois/métiers,
- et des spécificités associées à chaque emploi/métier.

Le référentiel des compétences conduit maintenant les entreprises à organiser chaque poste en fonction des trois composantes qui nécessitent une évaluation :

- les compétences (techniques, langues, expression orale et écrite, culture de l'entreprise, culture générale…),
- les qualités professionnelles (imaginer, anticiper, prévoir, mesurer, mettre en œuvre, communiquer…),
- l'économie du poste (effet sur le chiffre d'affaire, rôle dans la structure…).

9.4.4 Les référentiels externes de questionnement

a) Le référentiel ISO 9001

Aujourd'hui, avec la version 2000 (troisième version des normes ISO 9000 après celles de 1987 et de 1994), l'évolution des normes ISO 9000 a conduit à passer de la notion de conformité à la notion d'efficience comme le montre le schéma ci-dessous.

La première évolution des normes ISO 9000 en 1994, orientée vers la conformité du système qualité, n'est en fait qu'une amélioration du contenu des normes de 1987. Cette norme comporte, comme à sa naissance, 5 groupes de normes :

- la norme ISO 9000, sur la philosophie et la motivation de la création des normes ;
- 3 normes contractuelles client-fournisseur :
  - pendant la conception, le développement, la production, l'installation, et les prestations associées (ISO 9001),
  - pendant la production, l'installation et les prestations associées (9002),
  - uniquement lors des contrôles et essais finals (ISO 9003) ;
- la norme ISO 9004 qui présente la manière de mettre en œuvre un système d'assurance de la qualité correspondant aux modèles.

Figure 9.8 – **Évolution des systèmes qualité.**

Lors de la seconde évolution, en décembre 2000, les normes ISO 9001, ISO 9002 et ISO 9003 ont été remplacées par la norme unique ISO 9001 (version 2000) qui vise au développement de l'efficacité du système qualité.

La nouvelle version de cette norme s'appuie sur 8 grands principes de management :

➤ *Orientation client*

Les organismes dépendent de leurs clients, il convient donc qu'ils en comprennent les besoins présents et futurs, qu'ils satisfassent leurs exigences et qu'ils s'efforcent d'aller au-devant de leurs attentes.

➤ *Leadership*

Les dirigeants établissent la finalité et les orientations de l'organisme. Il convient qu'ils créent et maintiennent un environnement interne dans lequel les personnes peuvent pleinement s'impliquer dans la réalisation des objectifs de l'organisme.

- Implication du personnel : les personnes à tous les niveaux sont l'essence même d'un organisme et une totale implication de leur part permet d'utiliser leurs aptitudes au profit de l'organisme.
- Approche processus : un résultat escompté est atteint de façon plus efficiente lorsque les ressources et activités afférentes sont gérées comme un processus.
- Management par approche système : identifier, comprendre et gérer des processus corrélés comme un système contribue à l'efficacité et à l'efficience de l'organisme à atteindre ses objectifs.
- Amélioration continue : il convient que l'amélioration continue de la performance globale d'un organisme soit un objectif permanent de l'organisme.
- Approche factuelle pour la prise de décision : les décisions efficaces se fondent sur l'analyse de données et d'information.
- Relations mutuellement bénéfiques avec les fournisseurs : un organisme et ses fournisseurs sont indépendants et des relations mutuellement bénéfiques augmentent les capacités des deux organismes à créer de la valeur.

b) Le référentiel ISO TS 16949

Ce référentiel a comme objectif d'harmoniser mondialement les exigences existantes en matière de système qualité au sein de l'industrie automobile et évite la multiplicité des audits de certification. En effet, jusqu'à maintenant, chaque constructeur, ou groupe de constructeurs avait son propre référentiel :

- EAQF 94 pour Peugeot-Citroen, Renault,
- AVSQ 94 pour Fiat, Iveco,
- VDA 6.1 pour Audi-Volswagen, BMW, Daimler Benz,
- QS 9000 pour Chrisler, Ford, General Motors.

Pour réaliser ce référentiel, les constructeurs européens et américains ont entrepris de mettre en commun, au sein d'un groupe de travail, leurs expériences dans le domaine des exigences qualité fournisseur. Afin de la rendre plus universelle, l'ISO a été consultée en vue de sa publication sous la forme des spécifications techniques « TS 16949 ». Une spécification technique publiée par l'ISO est un texte qui fait référence dans un domaine technique mais qui n'a pas été élaboré en respectant toutes les règles strictes qui permettent de s'assurer qu'il est transparent et équitable. Il est tout de même envisagé d'aligner les exigences de cette spécification sur les évolutions de la norme ISO 9001 version 2000.

Ce référentiel est amené à remplacer les quatre précédents en vigueur dans le domaine automobile et doit servir de référence pour les certifications réalisées par les organismes certificateurs mondiaux qui ont été accrédités par l'IATF.

c) Le référentiel ISO 14000

➤ *Objectifs*

En matière d'environnement, les entreprises mesurent de plus en plus les menaces qui peuvent peser sur les plans économiques et réglementaires.

La publication de la série ISO 14000 remonte à octobre 1996. Comme tout référentiel, elle donne les prescriptions vérifiables sur l'ensemble du système pouvant servir à la certification (elle apporte des éléments pratiques sous forme de questions et de conseils).

➤ *Compatibilité qualité/environnement*

À l'origine, les normes ISO 9000 et ISO 14000 ont été volontairement séparées du fait même de leurs objectifs :

- concernant le client :
  - le management et l'assurance de la qualité visent à satisfaire et donner confiance à un utilisateur,
  - alors que le management de l'environnement s'intéresse à satisfaire collectivement des parties intéressées dans un contrat non contractuel.
- concernant le produit :
  - le management de la qualité consiste à maîtriser ses processus pour obtenir un produit intentionnel de qualité,
  - le management environnemental couvre, en plus, les aspects environnementaux des activités générant des produits non intentionnels (déchets, polluants, nuisances…).

ISO 14000
Environnement

Lignes directrices
environnement
ISO 14004

Spécification système
environnement ISO 14001

ISO 9000
Qualité

Lignes directrices
management qualité
ISO 9004

Spécification système
qualité ISO 9001

Audit du système qualité
et environnement
ISO 19011

Figure 9.9 – **Compatibilité des référentiels ISO 9000 et ISO 14000.**

Le fait de disposer de référentiels séparés, pour laisser les entreprises choisir librement leur politique et leur organisation interne, ne dispense pas de se soucier de la compatibilité entre les différents systèmes de management. Cette compatibilité est d'autant plus aisée que ces deux normes ont les mêmes structures.

Cette compatibilité a conduit à définir un référentiel commun à ces deux approches.

d) HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point)

Ce modèle a été introduit dans l'industrie agroalimentaire pour garantir une parfaite innocuité des aliments fabriqués. Ce modèle est utilisable quelle que soit la taille de l'entreprise, pour peu que l'on maîtrise les paramètres fondamentaux des risques identifiés. Il peut être utilisé en prélude à une démarche qualité exhaustive, ou comme seul outil de gestion de la qualité sanitaire des denrées.

L'HACCP consiste à identifier et évaluer les dangers associés aux différents stades du processus de fabrication d'une denrée alimentaire et de définir les moyens nécessaires à leur maîtrise. Elle doit être utilisée comme une approche raisonnée, organisée et systématique visant à donner confiance en ce qu'un produit satisfera aux exigences de sécurité.

➤ *La certification d'un système HACCP*

Le référentiel sur lequel est basé l'audit de certification d'un système HACCP n'est pas normalisé. En revanche, ce référentiel se trouve en annexe II du « Codex Alimentarius », repris dans les recommandations ALINORM 93/13A et 97/13A.

Le certificat relatif à ce système et délivré par l'organisme certificateur agréé, est valable un an avec un audit de suivi tous les 6 mois.

➤ *Contribution à la sécurité d'un produit alimentaire*

Dans ce contexte, la méthode HACCP fournit une approche logique et structurée permettant de définir les activités ayant une incidence sur la qualité (la sécurité) à toutes les phases nécessaires de la vie d'un produit, d'établir la documentation appropriée (spécifications, procédures, instructions de travail, enregistrements), et d'être une aide à la reconception de certaines lignes de fabrication.

La méthode HACCP, étant aussi un outil pour la mise en place d'un système Assurance qualité, est une façon de répondre pleinement aux nouvelles exigences réglementaires dans le domaine alimentaire (Arrêté ministériel du 22 janvier 1993).

➤ *Certification Assurance qualité et certification HACCP*

En accord avec la directive Hygiène du 16 juin 1993, le recours à la méthode HACCP pour la maîtrise des risques alimentaires est vivement recommandé. Les nonnes ISO 9000 exigent que l'entreprise intègre aussi les obligations réglementaires dans sa démarche. Si l'entreprise se doit de répondre à la réglementation, en revanche l'audit de certification Assurance qualité ne portera ni sur la manière, ni sur la pertinence d'une analyse HACCP.

En France, seuls Les Grands Moulins de Paris ont fait certifier leur système HACCP alors que les pays anglo-saxons, les États-Unis ont de nombreuses entreprises certifiées. En effet, le principal organisme certificateur français, l'AFAQ, refuse de reconnaître l'HACCP comme pouvant être indépendant de l'assurance qualité.

Cet exemple intéresse très fortement les services vétérinaires. En effet, jusqu'à présent, le rôle du vétérinaire, inspecteur en matière d'hygiène des aliments, est de s'assurer que les moyens mis en œuvre par les professionnels sont conformes à ceux imposés par la réglementation (approche traditionnelle). Or la nouvelle approche réglementaire, du groupe de travail Hygiène alimentaire au sein de la commission du Codex Alimentarius, recommande aux services publics de :

- contrôler la mise en place des guides ou norme optionnelles, voire d'autres moyens facultatifs par les professionnels et évaluer leur pertinence par la réglementation (nouvelle approche) ;
- participer en tant que partenaire privilégié à la conception, à la mise en place des guides, nonnes, référentiels divers, de systèmes HACCP pour ce qui concerne les aspects relatifs à la sécurité.

9.4.5 La certification

a) Définition

La certification, à ne pas confondre avec évaluation, est un acte par lequel un organisme certificateur engage sa responsabilité sur quelque chose.

La certification, est l'attestation de conformité à un référentiel donné (cahier des charges, spécifications techniques, norme…) délivrée par un organisme tiers indépendant. On distingue classiquement trois types complémentaires de certification :

- la certification de produits,
- la certification de personnes (appelée également qualification de personnes),
- la certification d'entreprise (appelée également certification ISO 9000 ou anciennement certification de systèmes d'assurance qualité).

La Certification qu'elle soit de produits ou d'entreprise atteste l'observation volontaire de règles du jeu non obligatoires.

b) Pourquoi la certification ?

Un client, pour avoir confiance dans le produit qu'il achète, peut donc par exemple, vérifier que ce dernier porte la marque NF, ou que le système qualité de l'entreprise qui fabrique ce produit est certifié, ou faire réaliser un essai.

D'une manière générale, la certification a pour objectif d'améliorer :

- les relations clients-fournisseurs en permettant aux clients de mieux acheter et aux entreprises de mieux vendre en assurant une meilleure garantie de qualité ;
- le climat social en améliorant l'image de l'entreprise ;
- les conditions de travail.

La certification ISO 9001 n'est juridiquement pas obligatoire, mais elle peut être imposée par les relations clients/fournisseurs. Des référentiels à une industrie peuvent être spécifiquement demandés à un fournisseur de l'armement, de l'automobile (EAQF, QS 9000, VDA6…), de l'aviation, de l'agroalimentaire (démarche HACCP), de la santé, etc.

c) Organismes de certification

Les organismes qui délivrent des attestations de conformité doivent d'une part avoir la compétence nécessaire pour garantir la validité des attestations délivrées et d'autre part démontrer leur indépendance et respecter la déontologie.

Dans un contexte d'internationalisation des marchés, il est donc indispensable que les organismes ou personnes qui reconnaissent officiellement la conformité d'un produit ou d'une organisation, soient eux-mêmes reconnus compétents pour effectuer ces tâches, c'est la procédure d'accréditation.

L'accréditation est une procédure par laquelle un organisme faisant autorité reconnaît formellement qu'un organisme ou un individu est compétent pour effectuer des tâches spécifiques. En France, l'organisme d'accréditation est, depuis 1994, le COFRAC (Comité français d'accréditation).

Ainsi, par exemple, les organismes de certification des entreprises doivent, afin d'être accrédités, apporter la preuve qu'ils respectent certaines exigences définies notamment dans la norme NF EN 45012 (ou NF EN 45004). De façon concrète, cela garantit à l'entreprise qui se fait certifier, d'une part que l'auditeur choisi a les qualifications, les aptitudes, l'impartialité nécessaires, que le fonctionnement de l'organisme de certification a fait l'objet d'un audit externe et d'autre part que cette certification sera reconnue internationalement.

d) Types de certification

➤ *Certification de produits*

C'est une démarche d'identification et de différenciation de produits, directement accessible par le consommateur. Il s'agit d'un label qui atteste que la qualité d'un produit industriel (exemple NF), agricole (exemple Label rouge), viticole (A.O.C.) est conforme aux normes françaises, européennes ou internationales qui le concernent.

Remarque : Attention de ne pas « confondre » avec des marquages réglementaires définis par les normes européennes, marquage C.E. notamment.

Cette certification s'appuie sur des référentiels de type cahier des charges ou norme.

➤ *Certification de personnes*

Cette certification précise l'aptitude de personnes physiques à réaliser certains produits ou service et à gérer des événements en situation professionnelle.

Exemple : soudeurs, contrôleurs, etc.

Pour certains emplois, on parle plus couramment de qualification au lieu de certification. C'est l'exemple classique des soudeurs, dont la qualification recouvre uniquement l'aptitude

au geste ; c'est la certification à exercer un certain travail. La certification des soudeurs est effectuée par le COFREND (Confédération française pour les essais non destructifs).

Il n'est pas nécessaire de certifier la totalité des métiers de l'entreprise, il ne faut l'envisager que sur des métiers que l'on considère comme des leviers majeurs et il ne faut pas s'engager dans un processus de certification sans prendre en compte les répercussions en matière de formation, de mobilité ou de rémunération.

➤ *Certification de services*

La certification de services atteste les compétences et les engagements de professionnels dans l'exercice de leur métier. La procédure ressemble à la qualification sauf que les professions ont elles-mêmes rédigé les règles d'obtention, validées par les pouvoirs publics. Ce référentiel est rédigé en fonction du besoin pour :

- une profession,
- un groupement pluridisciplinaire (commerces, services…),
- une entreprise, un organisme administratif ou commercial, etc.

Un organisme tierce partie délivre une certification par rapport au référentiel concerné.

Exemple : NF Service, NF Environnement, Qualibat, Qualicert, Qualifelec, etc.

La certification de compétences et la certification professionnelle s'efforcent de garantir non seulement les procédures mais également la compétence des salariés.

➤ *Certification d'entreprise*

L'assurance qualité est l'ensemble des actions préétablies et systématiques nécessaires pour donner à un client la confiance appropriée dans la capacité d'une entreprise en tout ou en partie à fournir, d'une façon sûre et régulière, des produits ou services d'une qualité donnée.

La certification d'entreprise atteste que le système d'organisation mis en place dans l'entreprise observe un système d'assurance qualité conforme aux normes européennes permettant de donner confiance à ses clients sur la constance de qualité et la sécurité des produits et services qu'elle fournit. Le référentiel le plus couramment utilisé, dans ce cas, est l'ensemble des normes de la série ISO 9000 mais il peut très bien être un référentiel spécifique à un secteur d'activité particulier (exemple les normes ISO TS pour les industries de l'automobile).

La certification suivant la norme ISO 9001 est une évaluation de l'organisation de l'entreprise par un organisme tierce partie appelé « certificateur ». L'organisme certificateur généralement accrédité par le COFRAC atteste par écrit que l'entreprise a prouvé que son organisation est apte :

- à fournir un produit et/ou un service conforme aux exigences de ses clients et aux réglementations qui la concernent ;
- à améliorer la satisfaction de ses clients.

Le certificat apporte une reconnaissance nationale et internationale. La version 2000 implique pour l'entreprise :

- une orientation « client »,
- une approche « processus » (exemple : « le cheminement de la demande du client dans l'entreprise »),
- une amélioration continue,
- une prise en compte des ressources humaines.

En complément de la norme ISO 9001, la norme ISO 9004 propose des recommandations, (« il convient de ») et permet une auto-évaluation en interne. L'ISO 9004 est donc un guide de réflexion vers la qualité totale et le prix français de la qualité.

e) Coût d'une certification

Envisager le coût d'une certification de produit ou de service, c'est avant tout envisager le coût de la construction d'un référentiel. Que celui-ci soit normatif ou de questionnement, il est par nature dépendant de la complexité du produit ou du service à certifier. En matière de produit, industriel ou agroalimentaire, une partie non négligeable des coûts est liée aux essais de conformité et aux contraintes de traçabilité.

L'estimation du coût d'une certification est toujours une tâche délicate et il faut l'aborder avec beaucoup de prudence. Si la prestation de l'organisme certificateur peut être facilement estimable, il fut souligné qu'une telle démarche génère des coûts annexes plus difficiles à évaluer. La mise à niveau du système d'assurance de la qualité qui comprend notamment lu sensibilisation et la formation du personnel, la refonte et la rédaction de nouvelles procédures ainsi que celles du manuel qualité, les coûts indirects représentés notamment par le temps passé sur ce dossier par le chef d'entreprise et ses collaborateurs, sont autant d'éléments à prendre en compte. Ces estimations, très variables suivant l'état de l'entreprise concernée et son secteur d'activité, peuvent représenter de 5 à 15 fois le coût du certificat proprement dit. L'ensemble de ces coûts peut être compensé par une réduction sensible de la non-qualité et, dans certains cas, faire l'objet des aides financières (par exemple le FRAC : Fond régional d'aide au conseil ayant pour objectif de permettre aux entreprises d'accéder aux expertises extérieures).

Pour une PME, le coût moyen de la certification pour un cycle de trois ans se situe entre 3 000 et 12 000 euros, pour la première année et entre 1 500 et 3 000 euros, pour chacune des deux années suivantes. D'autre part, il faut souligner que le coût du suivi annuel pour le renouvellement de la certification, représente un tiers environ du coût initial.

Il est possible de réaliser des économies d'échelle en abordant de façon cohérente plusieurs démarches de certification simultanément. Cette logique vaut autant pour la combinaison de plusieurs approches système (ISO 9000-ISO 14000 ou ISO 9000-QS 9000) que pour la combinaison d'approches système et produit (ISO 9000-marque NF).

9.4.6 Les prix de la qualité

Obtenir un prix qualité est, pour l'entreprise, une récompense prestigieuse et les retombées, en termes de notoriété sont considérables. L'image de l'entreprise est renforcée au niveau national et même international. De plus, cela entraîne une plus grande mobilisation et motivation du personnel.

Il existe trois principaux prix internationaux :

- l'EFQM (l'European Foundation for Quality Management), en Europe ;
- le Malcom Baldrige Award, aux USA ;
- le prix Deming au Japon.

Dans chaque pays, il existe souvent un prix national de la qualité (en France, c'est le Prix français de la qualité).

Ces prix, annuels, sont basés sur des référentiels précis comprenant un certain nombre de critères exposés ci-après. Pour concourir, les entreprises doivent présenter un dossier.

Après une sélection des meilleurs dossiers, visites des entreprises et audits d'application, un jury établit un classement qui fait l'objet de cérémonies prestigieuses de remises des prix (octobre pour l'EFQM et le Malcom Baldrige Award, novembre pour le prix Deming et le prix français de la qualité).

Les référentiels utilisés dans ces prix peuvent devenir de véritables guides de progrès qui offrent, aux chefs d'entreprises, la possibilité d'identifier avec précision les points forts et leurs faiblesses en matière de management par la qualité totale, de mobiliser l'ensemble de l'entreprise autour d'un projet d'entreprise et de participer a un concours régional, national.

a) L'EFQM

➤ *Objectif*

Le prix, créé en 1992, est géré par l'European Foundation for Quality Management (EFQM), fondation européenne pour le management de la qualité, avec le soutien de la Commission européenne et de l'European Organization for Quality (EOQ), Organisation européenne pour la qualité.

L'EFQM compte plus de 550 membres, organisations provenant de toute l'Europe, engagées dans l'amélioration de l'efficacité, de l'efficience des entreprises, et la poursuite de l'excellence en affaires.

La mission de l'EFQM est :

- de stimuler et d'aider les organisations, dans toute l'Europe, à participer à l'amélioration des activités conduisant, *in fine*, à l'excellence en matière de satisfaction des clients et du personnel, ainsi qu'en matière d'impact sur la société et de profit ;
- d'aider les dirigeants des organisations européennes, à accélérer la mise en place du management total de la qualité (TQM) pour en faire un avantage concurrentiel décisif.

L'organisation européenne pour la qualité (EOQ), créée en 1957, est une fédération de 31 membres qui a pour but d'améliorer la qualité et la fiabilité des produits et des services.

➤ *Schéma général de l'évaluation*

Une candidature est notée sur 1 000 points répartis en 9 critères suivant le diagramme ci-dessous :

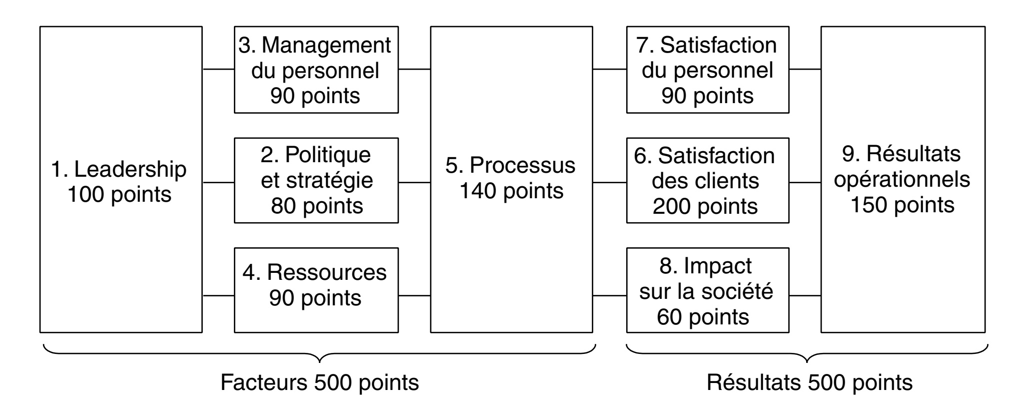


Figure 9.10 – Diagramme d'évaluation de l'EFQM.

Une entreprise obtient ce prix lorsqu'elle atteint un score supérieur à 720 points.

b) Prix Malcom Baldrige Award

➤ *Objectif*

Ce prix, créé par le président Reagan en 1987, a pour objectif de récompenser les entreprises sur leur management par la qualité et sur les améliorations obtenues. Ce prix est ouvert aux entreprises dont le siège social est sur le territoire des États-Unis ou aux filiales d'entreprises ayant au moins 50 % des actifs et du personnel sur le sol américain.

➤ *Schéma général de l'évaluation*

Une candidature est notée sur 1000 points répartis en 7 critères suivant le diagramme ci-dessous :

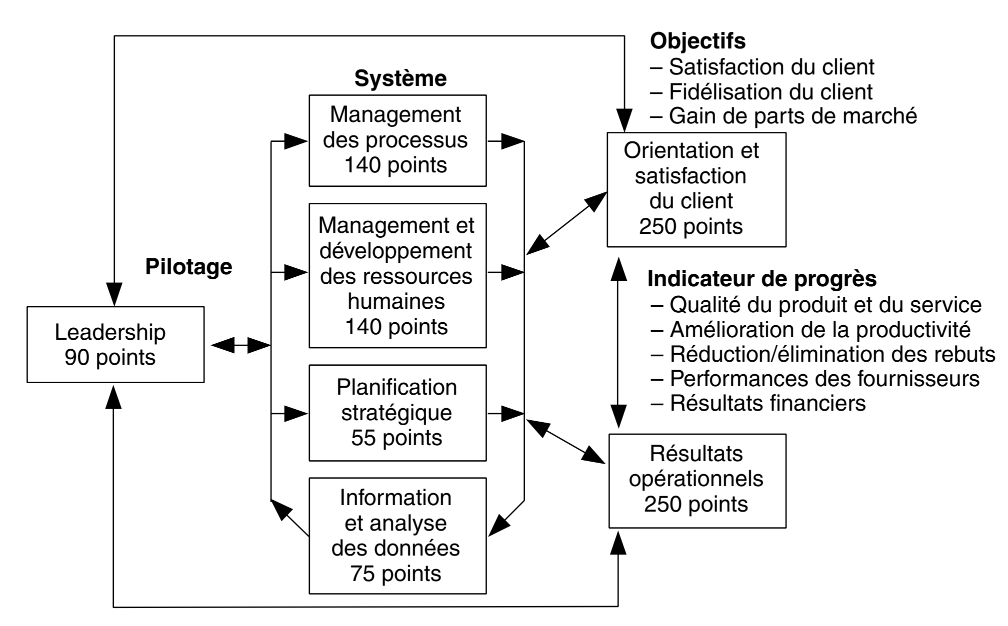


Figure 9.11 – Diagramme d'évaluation du prix Malcom Baldrige Award.

c) Prix Deming

➤ *Schéma général de l'évaluation*

Les critères d'appréciation sont au nombre de 10 (voir figure 9.12).

➤ *Objectif*

Créé en 1951 par la Juse, le prix Deming comporte deux parties :

- Le Deming Application Prize pour les entreprises qui ont fait preuve d'actions remarquables pour améliorer la qualité ; ce prix est basé sur le cycle PDCA et les entreprises sont appréciées sur 10 critères.
- Le Deming Prize for individuals attribué aux personnes ayant fait progresser la formation et la recherche dans le domaine de la qualité.

Cet examen, au départ ouvert à toutes les entreprises japonaises l'est, depuis 1984, à toutes les entreprises.

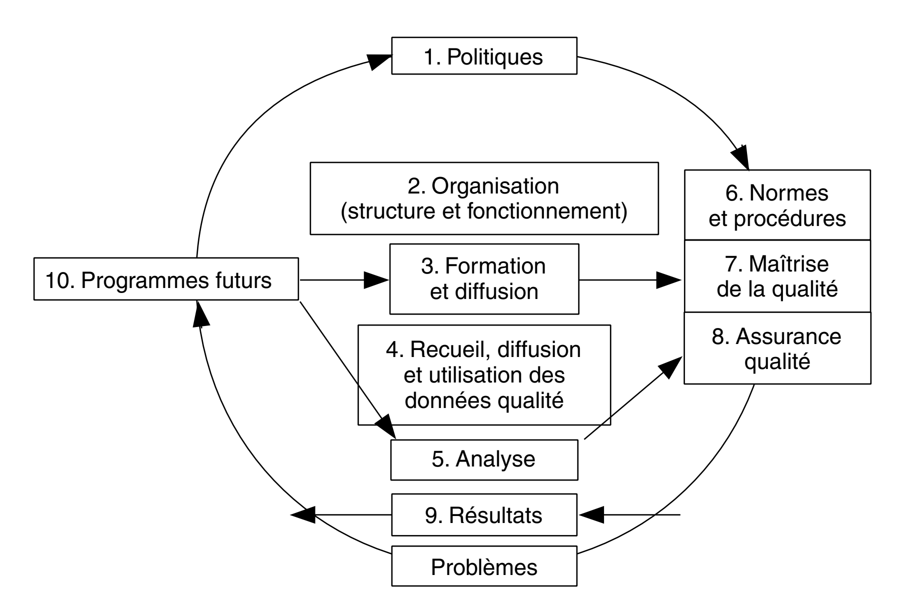


Figure 9.12 – **Diagramme d'évaluation du prix Deming.**

d) Prix français de la qualité

➤ *Objectif*

Lancé en 1992 par le Mouvement français de la qualité, ce prix permet de récompenser les entreprises françaises qui ont accompli de réels efforts en matière de qualité. Il est particulièrement bien adapté aux PME-PMI puisqu'il est ouvert aux entreprises de moins de 500 personnes, quel que soit le domaine d'activité, ayant été lauréates d'un prix régional de la qualité.

➤ *Schéma général de l'évaluation*

Le référentiel est construit autour de 8 thèmes décomposés en 30 questions suivant le diagramme ci-dessous :

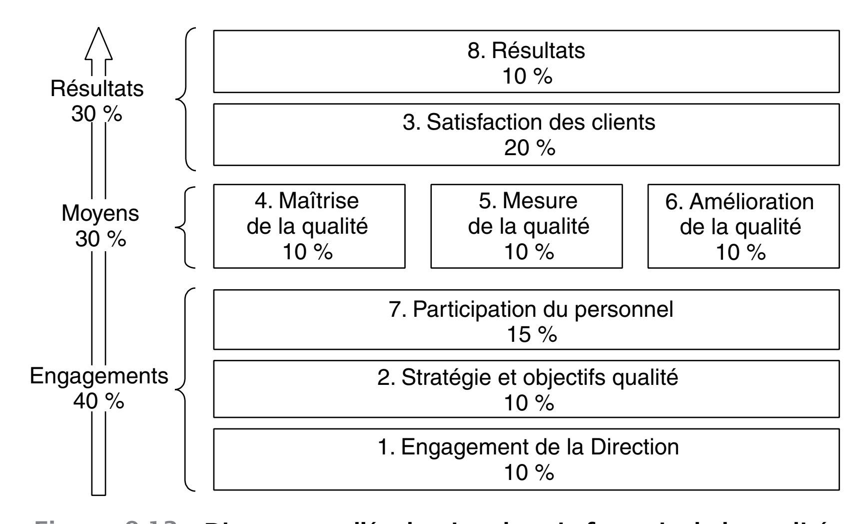


Figure 9.13 – **Diagramme d'évaluation du prix français de la qualité.**

9.4.7 Démarche de certification

a) Engagement de la direction – Définition des objectifs de la certification

La certification ne doit pas être l'objectif n° 1. La certification, c'est le résultat d'une démarche qui vise à mettre en conformité un produit ou une organisation à un référentiel. Après analyse des besoins internes et des exigences externes, la stratégie se portera sur un type de référentiel qui répondra le mieux aux attentes.

Une même entreprise peut cumuler plusieurs certificats. Dans ce cas, il convient de fixer des priorités.

b) Choisir le référentiel

Le choix du référentiel est essentiellement lié à la nécessité de donner confiance aux clients grâce au fait que leurs besoins seront satisfaits. Il s'agit de démontrer la maîtrise des processus de réalisation du produit en fonction de la complexité de ce produit.

Dans le cas particulier de la certification produit, l'entreprise doit s'assurer de l'existence d'un cahier des charges pour son produit. Si ce n'est pas le cas, l'entreprise peut demander une étude de faisabilité auprès de sa branche professionnelle.

Dans le cas où il existe un cahier des charges, l'entreprise fait une demande de dossier technique et d'engagement auprès de l'organisme certificateur, propriétaire de la marque.

c) Réaliser un audit préalable

L'audit préalable, permet de faire l'état des lieux où seront notamment détectés les écarts par rapport aux exigences du référentiel.

d) Débloquer un budget

La liste des coûts liés à une démarche de certification est la suivante :

- coût d'un conseil extérieur,
- coût du personnel affecté à la démarche,
- coût de formation,
- coût des contrôles nouveaux,
- coût de lancement du produit dans le cas de la certification produit (référencement, communication…),
- coût des équipements nouveaux éventuels,
- coût de l'audit de certification.

e) Mise en conformité

L'approche choisie pour mettre en place un système d'assurance qualité est variable, certains sont partisans d'une démarche menée par l'entreprise de bout en bout, d'autres préfèrent prendre l'avis de consultants.

Il s'agit de construire, compléter le système en fonction des manques identifiés plus haut : méthodes de travail, de contrôle, suivi des produits.

Cette partie est la plus longue, car elle suppose la mobilisation de toute l'entreprise. C'est aussi pendant cette phase que sont envisagées les formations éventuelles.

f) Réaliser un audit – Validation interne

À cette étape, l'entreprise valide et adapte les procédures internes mises en place.

g) Audit de certification

L'organisme certificateur aura été préalablement convoqué afin de réaliser l'audit final de certification. En cas de succès, l'organisme certificateur délivre un certificat de conformité au référentiel pour les certifications systèmes et Cacheroute, et une autorisation d'usage d'un logo pour les certifications produit.

h) Le suivi

Pour maintenir la certification ou le droit d'usage du logo, l'entreprise doit respecter l'organisation définie pour l'audit, conserver les enregistrements comme preuve et se soumettre aux audits de suivi de l'organisme certificateur. La périodicité de ces audits est variable selon les certificats et organismes certificateurs.

De même, la certification n'est valable que pour une période donnée fixée sur chaque certificat. C'est à l'entreprise de faire la demande de renouvellement auprès de l'organisme certificateur.

Dans le cas où une entreprise candidate à la certification produit ne respecterait pas le cahier des charges entre deux audits. L'usage du logo est suspendu, les produits retirés du marché et l'entreprise reçoivent une amende.

L'amélioration industrielle 10

10.1 L'entreprise doit évoluer pour être compétitive

10.1.1 Constat

Aujourd'hui, l'évolution des marchés et notamment l'obligation d'accroître en permanence la compétitivité (maîtrise des coûts, réactivité, délais, qualité, services au client…) conduit l'entreprise à engager une réflexion sur l'évolution de son système qualité et plus généralement sur les besoins en matière de traitement de l'ensemble des données servant au pilotage et à la gestion de l'entreprise.

Pour réussir cette action, l'entreprise doit disposer :

- d'une organisation adaptée comprenant des circuits de décisions et d'informations performants, et des règles d'application simples comprises par tous,
- d'outils permettant aux décideurs d'avoir à tout moment des éléments actualisés et pertinents pour prendre les décisions appropriées.

10.1.2 Amélioration continue

Conformément à l'esprit des normes ISO 9000 (version 2000) chaque entreprise se doit d'engager une amélioration permanente, et ceci quels que soient sa taille, son activité et son passé. Le principe de l'amélioration continue constitue le fondement de toute démarche de progrès, notamment des démarches qualité. Aussi, il est souhaitable que l'amélioration continue soit un souci constant de l'entreprise, devenant, ainsi, un des moteurs permettant de tendre vers l'excellence.

10.1.3 Domaine de l'amélioration

Toute amélioration doit s'effectuer selon 3 axes (l'axe technique, l'axe de l'organisation, l'axe humain).

Mais attention de ne pas chercher à mettre en place une « belle technique » à la mode sans une réflexion préalable car l'arbre cache souvent une forêt de problèmes. Bien sûr, il ne faut écarter une solution mirobolante, mais il est indispensable de s'assurer que tous les vrais problèmes sont résolus.

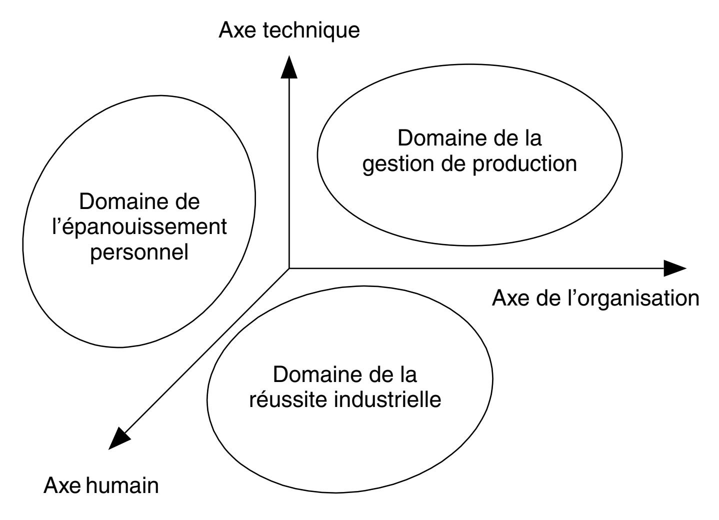


Figure 10.1 – **Amélioration selon trois axes.**

10.2 L'amélioration industrielle

10.2.1 Origine d'une mission d'amélioration

Chaque mission d'amélioration voit son origine dans un souci de pallier à toutes les non-conformités constatées. Ces non-conformités peuvent être détectées :

– À l'intersection du P et du D : ces non-conformités correspondent aux imperfections d'établissement du P.
– À la fin du D : ces non-conformités correspondent à la mauvaise application du P.
– Dans le C : domaine privilégié de détection des non-conformités. Pour rechercher les non-qualités, dans cette étape, il est courant de conduire des enquêtes de satisfaction client ou des audits de son système qualité.

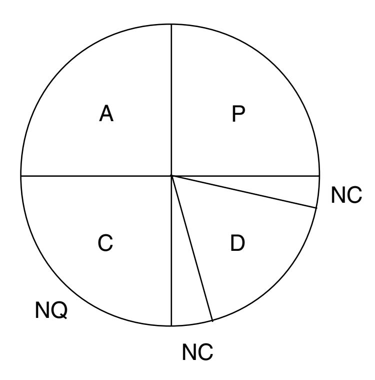


Figure 10.2 – **La non-qualité dans la roue de Deming.**

10.2.2 Diagnostic, audit ou benchmarking ?

Le diagnostic est un mot d'origine grecque qui signifie « apte à discerner ». À l'origine, il représentait l'acte par lequel le médecin, en groupant les symptômes et les données de l'examen clinique et les divers autres examens, les rattache à une maladie bien identifiée. C'est une analyse critique de l'état des organes et de leur fonctionnement qui permet une évaluation du système (points forts, points faibles).

L'audit vient du latin « auditur », et signifie littéralement écouter entendre. L'audit est un contrôle de la bonne application des procédures financières, comptables et administratives d'une entreprise. Il consiste en une analyse de l'entreprise dans le but de vérifier si celle-ci atteint des niveaux de fonctionnement préétablis.

Le diagnostic permet d'effectuer l'analyse des écarts par rapport à une situation idéale (difficilement définissable) alors que l'audit consiste à analyser les écarts par rapport à une situation formalisée, dans des textes, des règles, des procédures. L'audit peut être un outil du diagnostic (il permet de vérifier la conformité des méthodes et procédures en vigueur dans l'entreprise avec des normes ou des règles prédéfinies).

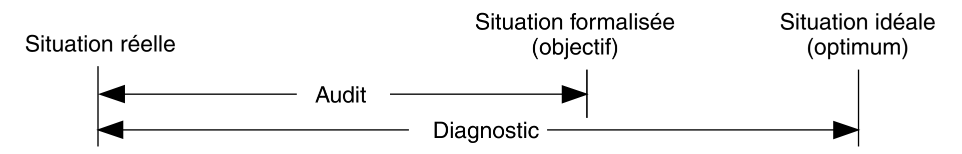


Figure 10.3 – Champs d'application du diagnostic et de l'audit.

Le benchmarking est une comparaison entre entreprises, on se compare au meilleur dans le domaine. La démarche de benchmarking se caractérise par un échange d'informations entre des entreprises qui entendent tirer des enseignements leur permettant chacune de progresser. Il existe plusieurs types de benchmarking :

– *Le benchmarking interne* : est une comparaison entre différents services, départements ou usines, au sein d'une même organisation (ou d'un même groupe).
– *Le benchmarking externe* (ou concurrentiel) : est une comparaison avec des sociétés exerçant une activité similaire. Le partenaire de benchmarking peut-être un concurrent direct.
– *Le benchmarking fonctionnel* : est une comparaison avec des entreprises évoluant dans des univers différents mais affrontant des problèmes similaires.

Le benchmarking est pratiqué par des entreprises qui souhaitent mesurer en permanence la performance de leurs produits, de leurs services et de leurs pratiques à celles de leurs concurrents. En interne, le benchmarking est un moyen efficace pour améliorer les performances des différentes entités et il favorise l'échange d'informations, d'expériences et de savoir faire.

10.2.3 Nouvelle approche de l'amélioration industrielle

a) Utilisation de la philosophie « technologie de groupe »

Utilisant la philosophie de la technologie de groupe (voir ci-après), les démarches d'amélioration industrielle peuvent se limiter à ne trouver des solutions qu'aux seules différences par rapport aux organisations industrielles reconnues.

Une démarche d'amélioration industrielle s'appuiera sur trois grands principes :

- le savoir (connaissance des situations idéales),
- le savoir voir (bien étudier le domaine concerné),
- le savoir faire (détections des écarts par rapport aux situations idéales).

L'analyse de la vision que l'on a du système à étudier par rapport aux modèles de référence nous permet de détecter des points de dysfonctionnement qui sont :

- les parties qui n'entrent pas dans la forme de référence
- les parties qui ne couvrent pas la forme,
- les parties qui ne sont pas communes à la forme.

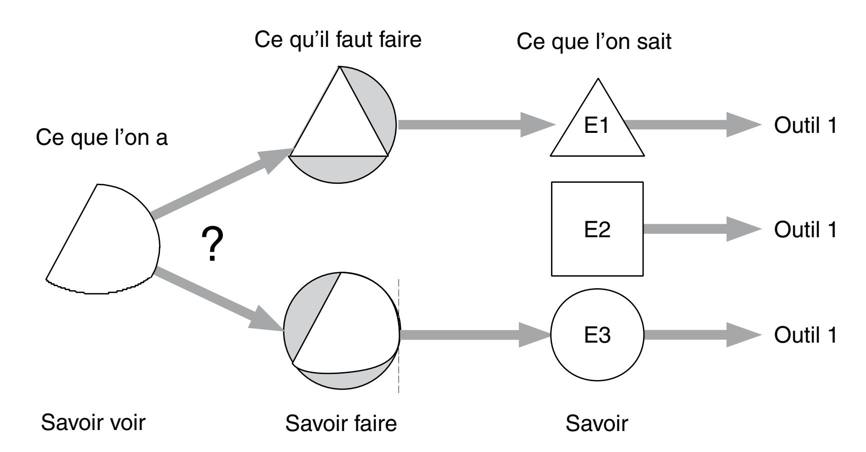


Figure 10.4 – **Mise en évidence des dysfonctionnements.**

b) Principes de la technologie de groupe

Le but principal de la technologie de groupe est d'éviter de rechercher une solution à un problème déjà résolu dans l'entreprise. Elle repose sur l'idée d'une classification permettant de synthétiser le « savoir » et le « savoir faire » de l'entreprise, en tirant profit des analogies existantes entre les produits.

Dans cette démarche, chaque élément est décrit par un code adapté à la population étudiée. À chaque nouvelle connaissance, on associe au code concerné cette connaissance qui vient s'ajouter à toutes les informations déjà connues pour ce code.

Lors de la réalisation d'un nouvel élément, on détermine le code, partiel ou complet, et on recherche dans la base de données déjà mémorisée, la ou les éléments analogues. Si aucun élément ne correspond, on a réellement à faire à un nouvel élément. Sinon, on dispose déjà des informations sur cet élément.

c) La technologie de groupe dans l'amélioration industrielle

➤ *Détermination du code*

Il existe plusieurs façons de classifier une entreprise :

– La classification par secteur d'activité
  La classification de référence, celle que tout le monde connaît et qui référence toutes les entreprises nationales : codification INSEE.
  • Code A.P.E. : activité principale exercée.
  • Code N.A.P. : nomenclatures d'activités et de produits.
– Classification personnalisée
  Les entreprises ont été classées, au fil des années et des auteurs, suivant différents critères.

Exemple : production de masse, production unitaire, production à la commande…

Pour notre part, il est difficile de privilégier un type de codification particulier mais, en fonction des évolutions des organisations industrielles et de leurs outils associés, il nous paraît judicieux de retenir critères ci-dessous dans la détermination d'une classification :

• secteur d'activité : classification de l'INSEE ;
• taille de l'entreprise ;

- processus de production ou organisation de l'entreprise : production continue (flow shop), production discontinue (job shop), production par projet ;
- service rendu au client ou nature de la valeur ajoutée ou autonomie de conception : conception et fabrication, sous-traitance, travail à façon ;
- relation client-entreprise ou degré d'incertitude ou mode de réponse au marché : à la commande, sur stock, personnalisé à la commande ;
- cycle de fabrication ou de commande ;
- régularité de la demande : saisonnière ou régulière ;
- taille de lot ou quantité fabriquée ou répétitivité en volume de fabrication (unitaire, petite/moyenne série, masse) ;
- structure du produit ou organisation process/produit (convergente, divergente, linéaire).

➤ *Association du savoir à chaque code*

Les nombreuses études, conduites depuis plusieurs décennies, nous ont permis de mieux maîtriser les organisations industrielles de référence. De même, nous maîtrisons également les outils de gestion les mieux adaptés et les plus performants par type d'organisation.

L'expérience nous a également démontré que, sauf dans de très rares cas, pour améliorer les performances d'une entreprise, il est préférable de faire évoluer l'organisation vers des modèles dont on maîtrise les performances plutôt que de chercher une nouvelle organisation.

Les outils liés aux organisations industrielles sont à apprécier de manière très large. À titre d'exemple, il est possible de citer :

- une bonne utilisation des outils de base (gestion des stocks, ordonnancement d'atelier),
- une bonne organisation (JAT, MRP, Kanban, revoir les procédures…),
- une bonne implantation d'atelier (diminuer les flux…),
- revoir la conception de produits (bureau d'études, CAO, CFAO…),
- optimisation des temps (bureau des méthodes, SMED…),
- remaniement du management (indicateurs de performance, GPAO…),
- …

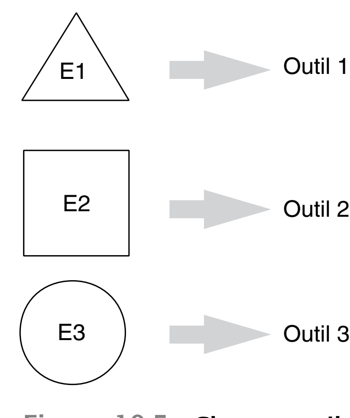


Figure 10.5 – Chaque outil convient à un type d'entreprise.

10.2.4 Différentes organisations de gestion de la production

a) Organisation séparée des stocks et de l'ordonnancement

Depuis très longtemps, l'entreprise s'est organisée en fonction du découpage taylorien de la production. C'est ainsi que, progressivement et naturellement, la gestion des stocks a été confiée à de purs gestionnaires alors que l'ordonnancement a été confié à du personnel issu de la production. Les sensibilités très différentes des employés ont conduit ces deux fonctions à vivre en autarcie : les gestionnaires du stock agissant vis-à-vis de la production comme de vrais « épiciers ». Ils réapprovisionnent en tenant compte des consommations passées sans s'inquiéter des vrais besoins de la production.

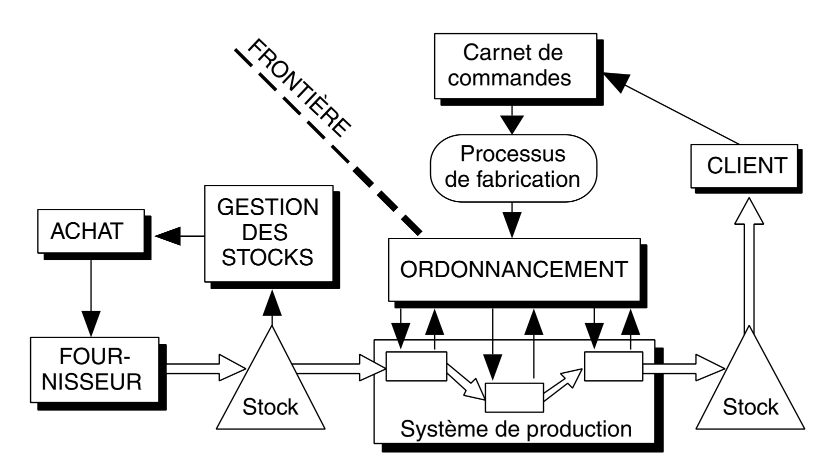


Figure 10.6 – **Organisation séparée des stocks et de l'ordonnancement.**

Il existe une véritable frontière entre ces deux fonctions qui est quelquefois source de conflits ou d'incompréhension dans l'entreprise.

Pour pouvoir assurer une bonne probabilité de fabrication dans les délais, ces gestionnaires ont développé la politique des stocks de sécurité.

b) MRP (Material Requirement Planning/Manufacturing Ressources Planning)

Cette organisation, née au début des années 1960 aux USA, avait pour but, à l'origine, de proposer un principe rationnel de détermination des besoins en composants nécessaires à la réalisation d'un plan directeur de production, d'où son premier nom : Material Requirement Planning (planification des besoins en composants).

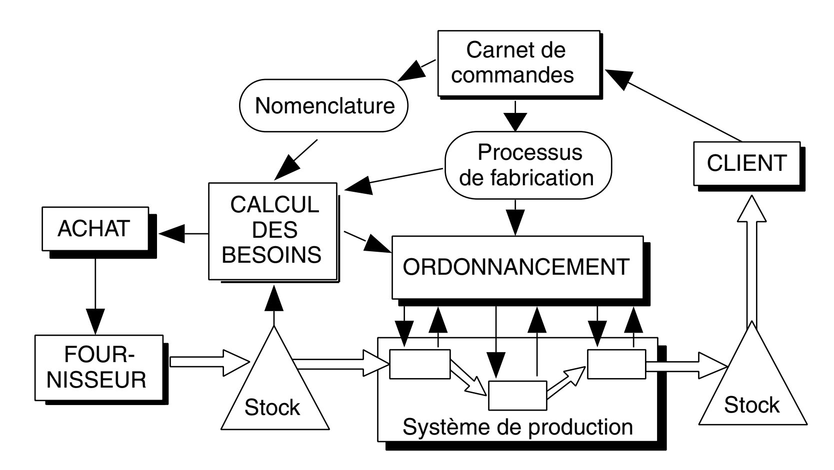


Figure 10.7 – **MRP (Material Requirement Planning).**

Cette technique, visant à réapprovisionner le stock, non plus sur les consommations passées mais en fonction des besoins à venir, présente l'avantage de pouvoir augmenter la probabilité de réalisation d'un produit sans avoir de politique de stock de sécurité. Ce système s'appuie sur une base de données techniques (articles, nomenclatures, gammes…)

qui permet, à partir d'un programme directeur de production et de l'état des stocks et des en-cours, de déterminer les calendriers d'approvisionnement et de fabrication de l'entreprise.

Par la suite, cette technique s'est enrichie et a progressivement intégré la détermination des charges de production et la prise en compte des données financières.

Elle a alors pris naturellement le nom de Manufacturing Ressources Planning (méthode de régulation de la production : MRP1 ; ou management des ressources de production : MRP2).

Actuellement, tous les progiciels de GPAO (gestion de production assistée par ordinateur) sont conçus sur ce type d'organisation. Il sera donc nécessaire, avant d'implanter un progiciel de GPAO, de s'assurer que l'entreprise nécessite une organisation de type MRP.

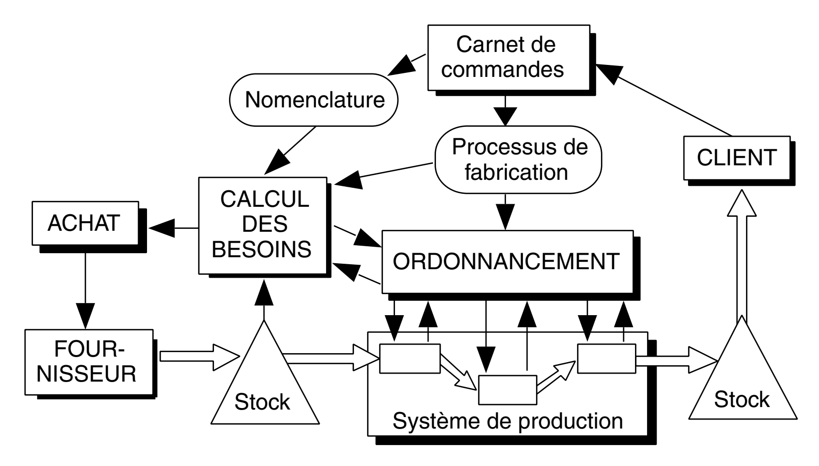


Figure 10.8 – **MRP (Manufacturing Ressources Planning).**

c) Kanban

L'outil Kanban a été mis en place pour la première fois dans l'usine Toyota (Japon) dans les années 1960. Cet outil conçu au départ pour diminuer les cycles de production en éliminant tout gaspillage (de temps et de stock) a vu son essor en Occident avec le développement du concept du juste à temps. Partant de principes très simples, Kanban permet un ordonnancement d'atelier décentralisé efficace mais peut difficilement être considéré comme une organisation complète de gestion de production.

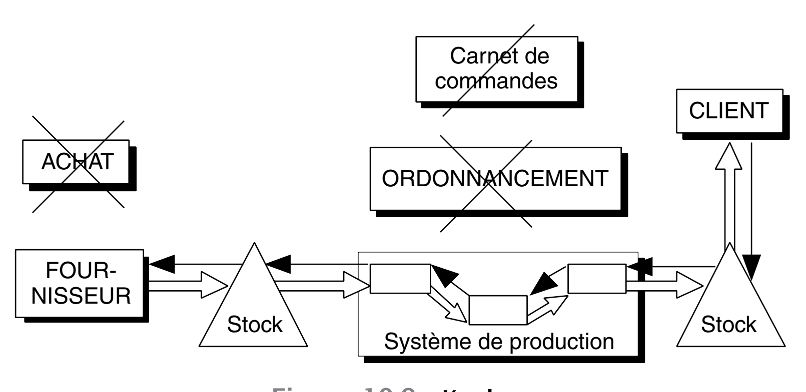


Figure 10.9 – **Kanban.**

d) Convivialité MRP-Kanban

Les techniques MRP et Kanban ont, chacune, leurs avantages et leurs inconvénients. Il s'avère que, dans de nombreux cas, il est difficile d'opter sans ambiguïté pour l'une ou l'autre de ces organisations. Souvent, on peut être tenté de mettre en place un système Kanban mais, des barrières de culture nationale ou de relations fournisseurs-entreprises nous bloquent. Dans ce cas, nous combinons harmonieusement ces deux techniques.

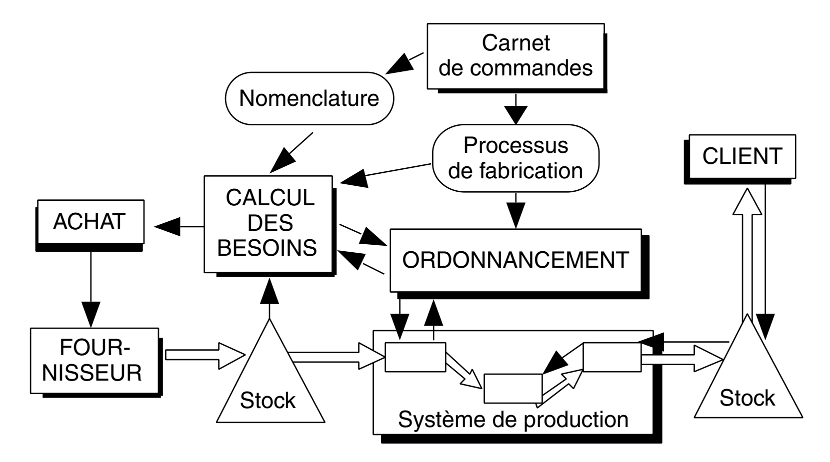


Figure 10.10 – Convivialité MRP-Kanban.

Il est courant, maintenant, de noter :

- l'utilisation de MRP (et d'un progiciel de GPAO associé) pour avoir une perception globale de la gestion de l'entreprise et pour gérer la partie approvisionnement des composants (cela peut quelquefois aller jusqu'à la gestion de la partie fabrication),
- et l'utilisation de l'outil Kanban pour la partie assemblage.

e) OPT (Optimized Production Technology)

Cette nouvelle approche repose essentiellement sur une recherche d'optimisation des flux de production et non sur la régulation des capacités des moyens de production. Partant du

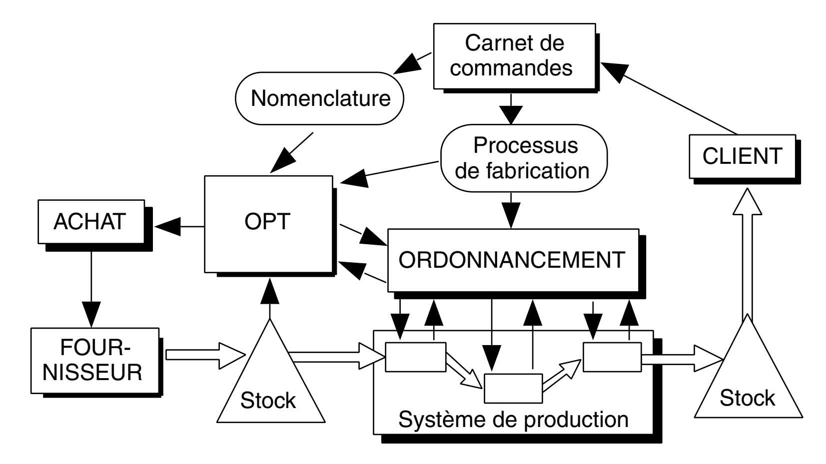


Figure 10.11 – OPT (Optimized Production Technology).

principe que l'optimum d'un ensemble n'est pas la somme des optimums locaux et qu'il existe des postes de travail plus contraignants que d'autres, les concepteurs de cette méthode ont établi neuf règles de gestion et une maxime permettant de mieux atteindre « le but » de l'entreprise : *faire du profit.*

10.2.5 Évolution avec une vision d'ensemble

L'entreprise ne peut évoluer qu'en ayant une vision globale et dans un esprit de juste à temps. Partant de fonctions d'entreprises désordonnées et cloisonnées, il faut chercher à les réorganiser pour les rendre très communicantes. Pour cela, il faut avoir en tête trois verbes très importants qui devraient être « simplifier », « simplifier », « simplifier », mais qui sont en réalité :

- d'abord **simplifier** : supprimer toute tâche inutile ou redondante qui n'apporte pas de valeur ajoutée au produit ; c'est réagencer les flux dans l'usine dans le but de chercher à simplifier l'outil de gestion de production et à réduire les délais de fabrication, les temps de changements d'outils, la taille des lots de fabrication, les en-cours, les stocks (l'usine n'est pas conçue pour produire des stocks), les coûts indirects de manutention et de magasinage, les procédures, le nombre de niveaux de nomenclature ;
- puis **intégrer** : réunifier ou décloisonner les fonctions de l'entreprise ;
- pour finalement **automatiser** (uniquement si cela est nécessaire) : appliquer éventuellement la technologie appropriée.

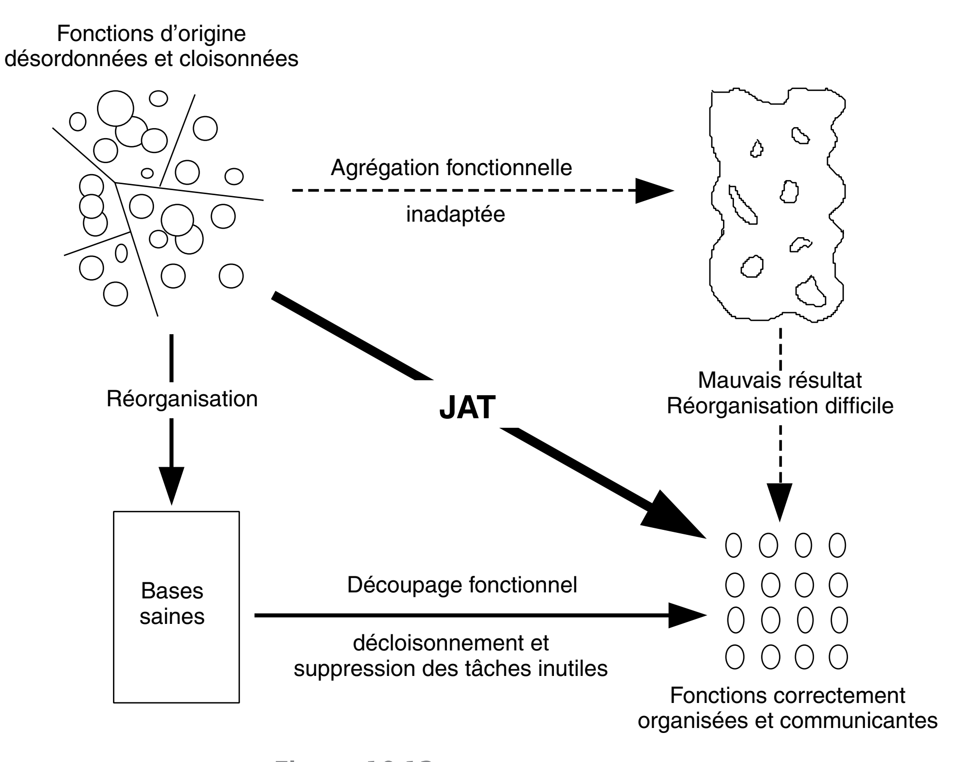


Figure 10.12 – **Amélioration avec une vision d'ensemble.**

Remarque : Un système de production intégré ne signifie pas obligatoirement la mise en œuvre de moyens informatiques. Le terme « intégrer » doit se comprendre avant tout comme « décloisonner » les fonctions de l'entreprise (Entreprise vue dans son ensemble et non par petits bouts).

10.2.6 Démarche d'intégration dans une entreprise

a) Différents types d'intégration

Les deux principales démarches d'intégration s'appuient sur :
- une intégration des équipements ;
- une intégration des données.

➤ *Intégration par les équipements*

L'intégration c'est aussi le résultat d'une stratégie de concertation entre les différents services de l'entreprise en matière d'équipement.

Il est nécessaire de prévoir une évolution des unités de production suivant un plan directeur : chaque investissement pris isolément est généralement justifié ; toutefois, il arrive trop souvent qu'ils induisent complication et désordre au niveau de l'organisation globale qui pèseront sur les coûts indirects et sur la réactivité du procédé de fabrication.

La couche « physique » de l'intégration, la plus facile à appréhender est constituée de très nombreux outils communicants (ordinateurs, réseaux, automates, commande numérique…).

➤ *Intégration par les données*

Intégrer une entreprise par les données revient à définir le système comme un ensemble où chaque information est unique et partagée. Unique, parce qu'une seule entité peut la produire et la maintenir ; partagée, car chaque consommateur potentiel peut y accéder.

Dans ce contexte, l'intégration de la production passe par la mise en place d'une structure d'information transportant le flux des données vers n'importe quelle partie du système. En ce sens, l'implantation d'un ERP, impliquant une intégrité globale des informations technico-économiques de l'entreprise, peut être considérée comme l'ossature de développement de l'intégration. À ce titre, la justification de l'investissement d'un ERP ne doit plus prendre seulement en compte les aspects de taux de service, stock ou productivité directe mais aussi et surtout le caractère fédérateur des flux d'information que l'on mesurera sur la qualité et la productivité du personnel indirect, la flexibilité et le contrôle de l'entreprise.

b) Fausses perceptions de l'intégration

Tout le monde pense à l'intégration mais chacun voit midi à sa porte. Trop souvent, l'industriel pense intégration de quelques fonctions « naturelles » du process de production.

Dans cette vision, l'intégration ne concerne que la fabrication, ce qui est restrictif par rapport au reste de l'entreprise (marketing, management…).

c) Conseils pour une bonne intégration

➤ *Les freins à l'intégration*

Ceux-ci peuvent être de plusieurs natures :
- pour l'intégration de toutes les fonctions de l'entreprise par l'informatique les freins

auront été longtemps liés à la faiblesse des performances et le manque de standards dans le domaine des réseaux locaux industriels ;
- en ce qui concerne les PME/PMI, les freins à l'intégration sont souvent liés à l'absence de la fonction méthodes ;
- on remarque, également, des difficultés dans les entreprises où les dirigeants axent tout sur le ROI (Return On Investment) au lieu de s'intéresser aux enjeux de la qualité, de la notoriété, de l'image de marque.

➤ *Les préalables à l'intégration*

La mise en œuvre d'une intégration des fonctions conduit à la décentralisation des décisions opérationnelles et offre à chaque niveau la possibilité d'un accès sélectif aux informations. On assiste à la revalorisation des employés et du personnel de production.

En gestion de production, les outils exploités ont un rôle fédérateur : ils permettent à tous dans l'entreprise de travailler dans la même cohérence.

➤ *Les tabous à vaincre*

De nombreux tabous sont à vaincre. Celui du responsable de production qui veut charger ses machines au maximum alors qu'il faudrait faire le contraire dans une production en flux tendus. Sous prétexte d'une meilleure responsabilisation du personnel, découpage de l'atelier en sections homogènes alors qu'un découpage en lignes de production serait préférable.

➤ *Les limites de l'intégration*

Les spécificités du process de chaque société industrielle, ajoutées au niveau culturel de l'entreprise et à la volonté des acteurs, font que chaque avancée vers l'intégration est unique, caractéristique de la société considérée. Il faut donc se garder de comparer les progrès des unes et des autres.

➤ *Les motivations de l'intégration*

Les motivations sont de tout ordre, mais on trouve principalement :
- la connaissance rapide et précise des coûts de revient ;
- la diversité croissante de la production et nécessité d'une réponse rapide aux besoins des clients ;
- la réponse rapide aux besoins des clients ;
- l'amélioration de la répétabilité des procédés en cherchant à déceler le plus tôt possible les dérives de qualité.

➤ *Les causes d'échec*

Elles ont le plus couramment comme origine des problèmes humains :
- pas de liaison entre la technique et le marketing : on automatise une production qu'on ne sait plus vendre ;
- les problèmes humains ou sociaux sont sous-estimés ;
- changement de chef de projet en cours de route ;
- le personnel traîne les pieds parce que la présentation du projet n'a pas été convaincante ;
- pas d'implication du personnel.

Attention : Un choc culturel mal vécu est souvent une intégration mal préparée.

L'intégration du fonctionnement de matériels, aux origines, langages et systèmes d'exploitation différents reste à ce jour une gageure. Pour y parvenir, il est souvent nécessaire d'envisager un complément (voire un renouvellement) d'équipements allant vers une homogénéité du matériel ce qui fait ombre à l'idée des systèmes ouvert et des standards de communication. Ce qui fait dire à de nombreux détracteurs que le projet d'intégration est avant tout une belle affaire pour les fournisseurs de matériels d'informatique et d'automatique.

10.3 Le juste à temps

10.3.1 Une solution d'amélioration de la réactivité : le juste à temps

Au Japon s'est développé un nouveau mode d'organisation industrielle visant à augmenter la réactivité d'une entreprise. Les concepts de ce nouveau mode d'organisation, qui s'appuient sur la responsabilisation du personnel direct de production, ont permis de mettre en évidence certaines aberrations relatives à la sur-automatisation des procédés.

10.3.2 Concept du juste à temps et des flux tendus

a) Le juste à temps

Ce concept consiste, comme son nom l'indique, à fabriquer ou approvisionner des produits juste à temps, c'est-à-dire ni trop tôt (pour ne pas augmenter les en-cours), ni trop tard (pour satisfaire le client).

Il faut donc obtenir :

- le produit voulu ;
- au moment voulu ;
- dans la quantité voulue ;
- dans la qualité voulue.

C'est, en fait, l'objectif de toutes les gestions de production traditionnelles et pourtant les entreprises s'écartent de ce principe malgré leur volonté de faire du juste à temps.

b) Le flux tendu

Le flux tendu signifie que le flux des matières dans le système productif doit être le plus rapide possible. Toutefois, selon le principe immuable que la force d'une chaîne est celle de son maillon le plus faible, celle-ci ira à la vitesse du plus lent dans l'organisation.

Un bon moyen de créer cette rapidité est de tendre les flux par la demande : il convient de ne produire au stade amont que ce qui est demandé par le stade aval, qui lui-même produit en fonction de sa propre demande aval (c'est le principe de la production tirée).

> Ne plus fabriquer ce qu'on espère vendre
> mais fabriquer ce qu'on peut vendre et mieux,
> fabriquer pour renouveler ce qui a été vendu.

Toute méthode qui assure le principe d'une production instantanée en fonction du besoin réel de l'aval permet de tendre les flux. Il faut donc mettre en place un moyen rapide pour assurer la remontée vers l'amont des informations relatives à la consommation réelle des pièces en aval et permettre à l'amont de produire sans délai.

10.3.3 Le juste à temps et les types de fabrication

On a trop souvent tendance à confondre ce concept avec l'outil KANBAN, pionnier de la production tirée. Pour notre part, ce rapprochement n'est pas justifié et confirme, à nos yeux, l'amalgame souvent fait entre **CONCEPT** et **OUTIL**.

Attention : En fonction du type de fabrication, les méthodes de gestion en flux poussé peuvent également répondre au concept du juste à temps. Le principe du juste à temps est un principe général qui peut s'appliquer à toutes les industries :

- **Fabrications non répétitives, fabrication à la commande** : programmation des approvisionnements et des fabrications au plus tard en fonction du délai de réalisation total du produit. Les composants sont réalisés ou achetés en fonction de la demande réelle (Jalonnement au plus tard, chemin critique, MRP) ; évidemment, si les données techniques et les délais sont fiables et exacts.
- **Fabrications répétitives, fabrication de masse** : c'est dans ce domaine que le juste à temps a introduit les plus forts changements. Ces changements se sont incarnés dans une nouvelle façon de faire circuler les flux des pièces et des informations. C'est la gestion à flux tiré.

10.3.4 Vers le JAT ou la tension des flux : la chasse aux gaspillages

a) Constat

Comme le dit Shigeo Shingo, un processus de fabrication se compose de deux sortes de tâches :

- celles qui sont directement utiles et qui augmentent la valeur ajoutée (usinage, assemblage…) ;
- celles qui ne font qu'augmenter les coûts (stockage, transport, attente…).

D'autre part, la tension des flux de production consiste à réduire au maximum les temps interopératoires et la taille des lots de fabrication afin d'avoir une meilleure fluidité des produits. Cette tension des flux peut être exprimée, suivant les auteurs, par le ratio de fluidité ou le ratio de tension des flux :

$$\text{Ratio de fluidité} = \frac{\sum \text{temps opératoires}}{\text{cycle de fabrication}} \quad \text{Ce ratio doit tendre vers 1}$$

b) Améliorer le ratio de fluidité

Pour toute fabrication de pièces, de lots de pièces ou d'ensembles, il existe un cycle de production minimal, indépendant des moyens mis en œuvre, ne dépendant que des procédés utilisés et des horaires de travail pratiqués. Ce cycle minimal est la durée de fabrication des pièces dans une usine donnée, lorsque le lot de pièces est mis en main en priorité sur tout autre lot.

Le cycle de fabrication d'une pièce est égal au temps total passé par cette pièce dans le système de production depuis la sortie du magasin du premier composant nécessaire jusqu'à la mise à disposition du produit fini. Il est donc égal à la somme de tous les temps :

$$\text{Cycle de fabrication} = \Sigma(\text{temps opératoires}) + \Sigma(\text{temps interopératoires})$$

Les temps exprimés sur la gamme de fabrication sont des temps opératoires. C'est-à-dire que pour chaque phase de travail il est indiqué :

- le temps de préparation du poste de travail ;
- le temps d'exécution de l'opération ;
- quelquefois, le temps de contrôle en fabrication (sinon il est considéré comme compris dans le temps d'exécution de la phase ou fait l'objet d'une phase à part entière).

Par contre, il n'est jamais fait mention des temps interopératoires qui dépendent de l'organisation de l'entreprise et qui comprennent :

- le temps de transit de la pièce vers le poste suivant ;
- le temps de retour du dossier de fabrication vers l'administration ;
- le temps du contrôle administratif ;
- le temps de lancement en fabrication ;
- le temps de transmission des documents vers la fabrication.

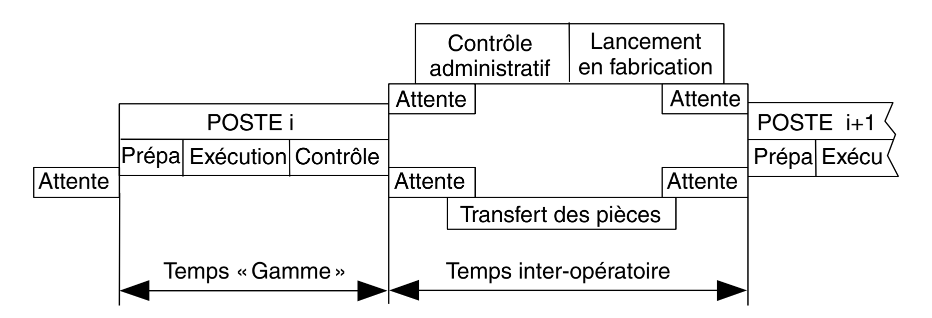


Figure 10.13 – **Temps interopératoire.**

Or, il faut savoir qu'une étude menée aux États-Unis en 1972, et qui malheureusement est toujours d'actualité aujourd'hui, a montré que dans les grosses entreprises de mécanique, dont l'effectif de l'atelier de fabrication est supérieur à 300 personnes, le temps copeau, c'est-à-dire les temps opératoires, représentent moins de 5 % du délai de production d'une fabrication réalisée en 10 phases opératoires.

Les temps interopératoires sont obtenus par une analyse statistique des délais de l'entreprise et sont insérés, dans le jalonnement, entre chaque phase de fabrication de la gamme. La prise en compte des temps interopératoires varie suivant le type de planning :

➤ *Conséquence*

En conséquence, pour réduire les coûts de production d'un produit ou pour tendre les flux, il faut agir sur le processus de fabrication, en d'autres termes, il faut éliminer les gaspillages.

Sureffectifs
Surcapacité
Stock

VALEUR AJOUTÉE NETTE
Surproduction
Surproduction
Planification non fiable
Coûts matières premières
Stocks de sécurité
Aléas

Temps de préparation
Temps de changement d'outils
Fabrication elle-même
Stocks
COÛTS DE PRODUCTION

Déplacements pour prendre des pièces
Déballage des pièces fournies
Mouvements inutiles
Temps d'attente
Pannes
Manque d'information
Mauvaise organisation
Priorité aux machines
Manque d'approvisionnement

Produits défectueux
Transports

Absence de mode opératoire
Mode opératoire non respecté
Contrôle *a posteriori*
Feed Back lent

Stockage
Grands lots
Chargement/déchargement
Mauvaise organisation

Figure 10.14 – **La roue du gaspillage.**

Comme on peut le voir sur la roue du gaspillage, ceux-ci sont dus principalement :

- à la surproduction ;
- aux stocks ;
- aux temps d'attente ;
- aux transports ;
- à la fabrication de produits défectueux ;
- aux mouvements inutiles ;
- à la fabrication elle-même.

10.3.5 Le JAT dans le cycle de production

Il ne faut pas se limiter à l'étude des coûts et des délais de production mais il faut également étudier les délais administratifs. En effet, le temps de fabrication peut être considéré comme la face visible de l'iceberg et l'ensemble des temps administratifs, de conception, d'approvisionnement, de contrôle… en représentent la face cachée.

Analyser les délais est le commencement de la mise en place du juste à temps. Rappelons, tout d'abord le principe d'OPT suivant lequel un produit est réellement fini lorsqu'il est livré chez le client et que celui-ci a réglé la facture.

a) Impact sur les coûts

Il n'est plus pensable, aujourd'hui de concevoir des produits en ignorant leur processus de fabrication. On se rend compte, dans le graphe ci-dessous, que l'essentiel des engagements de dépenses est déterminé dès la conception du produit. Une bonne conception, visant à retarder le plus possible les décisions d'engagement des coûts peut se traduire par des économies significatives pour l'entreprise.

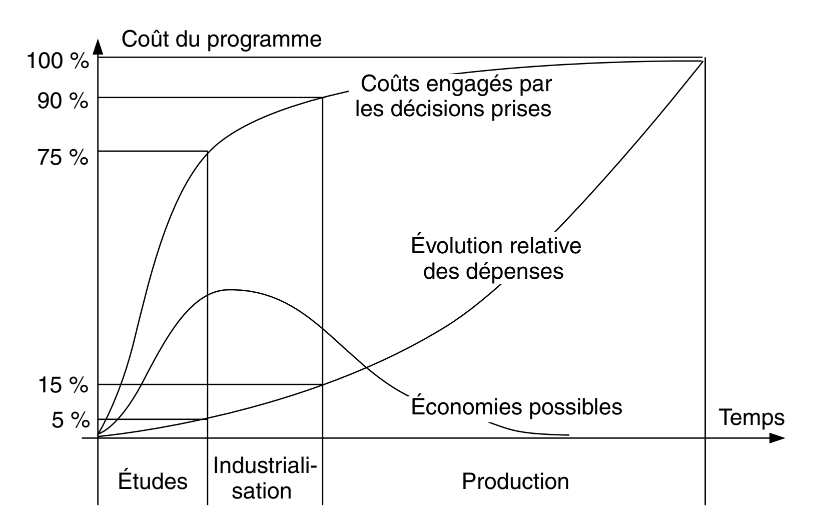


Figure 10.15 – **Évolution des coûts d'un produit.**

b) Impact sur les risques

Nous avons vu précédemment que la marge de temps dont dispose une entreprise pour un client est égale à la différence entre le délai commercial et le délai de production. Si cette marge est positive, l'entreprise ne lance en fabrication que des produits correspondants à des commandes fermes. Par contre, si elle est négative, l'entreprise doit lancer en fabrication des produits dont elle n'a pas encore de commande. La marge représente alors la zone d'incertitude de l'entreprise. Celle-ci devra être minimisée soit en diminuant les cycles de fabrication soit en retardant le plus possible la différenciation des produits.

Très souvent on peut noter que, compte tenu des choix de conception, la complexité d'un produit croit régulièrement dès la première phase de fabrication et l'affectation du produit fini est souvent irréversible.

Une bonne conception des produits peut pallier à ces inconvénients. Il faut chercher à mettre en évidence des familles de produits ayant un maximum de pièces communes. Le lancement se fera alors par familles entières de produits et l'introduction des pièces spécifiques se fera le plus tardivement possible.

c) Le stock et les approvisionnements

➤ *Le stock*

Plusieurs raisons peuvent conduire les responsables d'entreprise à revoir leur politique de stock. En effet, bon nombre de personnes (médias, sociétés de conseil…) font la promotion du « stock zéro ». Pour notre part, nous sommes moins affirmatifs et nous préconisons plutôt de trouver l'optimum du stock à posséder. Pour cela, il est nécessaire d'analyser les avantages et les inconvénients relatifs à un stock nul.

La philosophie du juste à temps consiste à considérer que le problème des stocks n'est pas un simple problème de gestion, mais un problème d'ensemble. Il doit donc être traité en intégrant tous les paramètres de l'entreprise :

- technologie du processus,
- maîtrise de la qualité,

- structure du produit,
- structure des ressources,
- structure de la demande.

➤ *Valeur du délai d'approvisionnement en gestion des stocks*

Trop souvent on ne prend pour délai d'approvisionnement que le délai de livraison fournisseur. Pourtant, il est composé de délais qui s'additionnent.

10.3.6 Différentes implications du JAT

a) Sur le personnel

Le projet ne peut réussir que si le personnel est préparé et une mise à niveau est nécessaire. Il faut changer la manière de voir du personnel de l'entreprise et l'amener dans une vision économique.

La connaissance de l'entreprise consiste à monter aux opérateurs ce qu'ils ignorent souvent :

- l'atelier voisin et son fonctionnement ;
- les modes de conception des produits ou l'obtention des matières plastiques, par exemple ;
- connaissance des fonctions de l'entreprise : possible par des jeux de rôles ;
- montrer le parallèle entre la gestion de l'entreprise et la gestion familiale. Bien faire la différence entre chiffre d'affaire et résultat ;
- introduire la notion de valeur et l'implication des gestes de tous les jours ;
- donner aux gens une idée de coût et de ce que représente l'amortissement d'un nouvel équipement.

Il est nécessaire de requalifier une partie du personnel. Attention, les chefs d'atelier vivent une terrible perte de pouvoir.

Accord avec les partenaires sociaux afin de permettre une variation des horaires de plus de 10 %. Il peut y avoir, exemple de Strafor, une variabilité de la charge globale de ± 20 % au niveau de l'entreprise et ± 50 % au niveau d'une ligne.

Recherche, à l'embauche de :

- la polyvalence à l'intérieur de l'entreprise (aussi bien soudeur que tapissier chez Strafor, ou le même métier à plusieurs endroits de l'entreprise chez Delsey) ;
- l'aptitude au travail en groupe.

b) Sur le stock

Plus personne, en production, n'ignore que la réduction des stocks doit être un effet et non un objectif premier. Les stocks demeurent donc l'ennemi numéro 1 de ceux qui tiennent les cordons de la bourse (immobilisation financière).

Attention aux consignes du stock zéro. Ces consignes, appliquées avec précipitation, peuvent conduire à une désorganisation complète de l'entreprise, entraînant rupture de stocks et retards dans les livraisons. Plus que de supprimer les stocks, l'important est d'avoir le bon niveau de stock.

On peut distinguer 3 grands types de raisons qui incitent l'entreprise à constituer des stocks :

- le travail par lot ;
- l'utilisation optimale de la capacité machine ;

- la nécessité d'approvisionner et de produire alors que les ventes ne sont pas certaines à l'horizon d'achèvement de ce processus (anticipation commerciale).

La force et l'originalité des méthodes « juste à temps » c'est de revenir sur le principe suivant lequel la production, ou l'approvisionnement, doivent être égaux à la demande, à tout moment.

Dans la conception « juste à temps », le stock est considéré comme un défaut du flux. Il n'y a qu'une seule discipline qui doit viser à faire circuler le flux le plus rapidement possible. D'où la mise en relation permanente entre la présence physique des matières avec le temps qui s'écoule :

- Pourquoi cette quantité de matière est-elle là, improductive ?
- Combien de temps va-t-elle stationner ?
- Comment produire pour avoir le maximum de chance que ce qui est produit réponde exactement à la demande et n'attende pas d'éventuelles commandes ?

Le principe du juste à temps a été développé au Japon, dans un pays où l'espace inutilement occupé est considéré comme un gaspillage. En occident, le temps perdu c'est essentiellement le temps de l'ouvrier et des machines alors qu'au Japon, c'est aussi le temps des produits qui attendent.

c) Sur l'atelier

➤ *Implantation d'atelier*

Penser en terme de flux implique, outre le déplacement des machines, de redessiner les emplacements et les allées, il faut supprimer les ateliers technologiques au profit de lignes de produits (ce n'est pas toujours facile de réussir du premier coup).

Il est possible de dégager des gains considérables par la réimplantation. Il est possible de créer des minis lignes d'assemblage où les changements de fabrication sont plus rapides (de trois heures à vingt minutes).

Chez Steelcase, on a réussi à gagner 3 000 m^2 sur une surface utile totale de 18 000 m^2. L'espace libéré a permis d'implanter une nouvelle ligne de production permettant d'augmenter, par là même, la capacité de l'usine.

Il est possible d'en profiter pour réaliser un peu de « design industriel » : repeindre les machines, les allées, les chariots…

➤ *Sur la taille des lots*

Analysons l'intérêt de la réduction des lots de lancement en fabrication selon les aspects suivants :

Sur les défauts de fabrication. Dans le cas d'une création de défaut en début de processus et détection de ce défaut en fin de processus :

Lancement par quantité importante	Lancement par petite quantité
Le défaut est détecté trop tard : quelle chance a-t-on d'en trouver la cause ?	Le défaut est détecté alors que le processus défaillant est encore actif : on peut rechercher et agir sur la cause du défaut.

Sur les délais de sortie d'une nouvelle version du produit. L'entreprise souhaite modifier le produit afin d'améliorer l'image de marque et en tirer des profits financiers :

Lancement par quantité importante	Lancement par petite quantité
Le nouveau produit n'est disponible que plusieurs mois après la modification.	Le nouveau produit est disponible sur le marché en quelques semaines.

Sur le respect des délais. Dans le cas d'un délai moyen du marché inférieur au cycle long de fabrication :

Lancement par quantité importante	Lancement par petite quantité
L'usine est contrainte à des procédures d'urgence, des heures supplémentaires, des pénalités pour retard...	Le cycle de fabrication peut devenir inférieur au délai promis : pas d'énervement dans l'entreprise.
La probabilité des prévisions devient faible dans un horizon éloigné. Cela peut entraîner un stock important avec un respect des délais médiocre.	La fabrication est lancée à partir de prévisions de ventes beaucoup plus fiables : meilleur respect des délais.

Arguments évoqués pour avoir des grandes quantités de lancement

- Travail en série :
  - ne pas mélanger les problèmes : la quantité commandée n'est pas la quantité de lancement.
- Temps de réglage trop long :
  - il est préférable de chercher à diminuer les temps de réglage plutôt que d'augmenter les temps opératoires.
- Moins de perte d'adaptation :
  - il est préférable de vérifier ou de revoir le niveau de qualification du personnel.
- Diminuer le nombre d'affaires encours à suivre :
  - il est préférable d'améliorer le système de suivi d'information.
- Et pourtant ! !
  - certaines entreprises regroupent leurs commandes unitaires pour faire des lots de fabrication importants (exemple de menuiseries faisant des modèles standards à la commande).

Il est possible d'évoluer progressivement en lançant la totalité du lot en fabrication, mais en faisant des lots de transfert plus petit que le lot de lancement.

➤ *Sur la maintenance*

Plusieurs points vont à l'encontre de la tension des flux :

- fiabilité du matériel de production et de manutention ;
- localisation de la production (suivi des pièces).

d) Sur les cycles administratifs

Autre gain très important hors de l'atelier : les cycles administratifs. Il ne faut pas considérer que le travail est terminé lorsqu'il l'est physiquement. Un produit doit être considéré comme fini lorsque la « paperasse » a été traitée par les services administratifs : exemple

de Westinghouse, il y a une vingtaine d'années, le traitement d'une commande demandait vingt-cinq jours. Ce délai a été ramené à quelques jours grâce à une simplification des procédures administratives (circulation, signatures, saisies…).

e) Sur la direction

➤ *Le JAT : véritable projet d'entreprise*

Le JAT se pose, plus que jamais, comme un projet d'entreprise global. Il fédère les flux physiques, d'information, de décision et économiques en intégrant, outre les ateliers, tout l'environnement de l'entreprise.

Le JAT englobe et fédère quelques mots d'ordre devenus prioritaires : visibilité, souplesse, réactivité, adaptabilité.

Les projets s'inscrivent dans une perspective d'amélioration continue.

➤ *Point de départ de quelques actions de JAT*

Une première phase dans la mise en place du JAT consiste à identifier et construire une logique de pilotage.

Chez Steelcase Strafor : diminuer des cycles de production de six jours à huit heures.

Chez Delsey : produire ce qui se vend avec une rentabilité maximale. Pour cela, cinq axes de progrès ont été définis : la qualité en interne par l'autocontrôle, en externe par l'assurance qualité fournisseurs (signature d'une convention d'AQF entre les deux parties), un fonctionnement par groupes autonomes avec une responsabilisation au plus bas niveau, la maintenance préventive ainsi que la tension des flux.

Diminuer les délais d'approvisionnement pour diminuer les stocks et avoir une meilleure réactivité.

10.4 OPT (Optimized Production Technology)

10.4.1 Origine

S'appuyant sur des concepts simples, de bon sens mais parfois oubliés, deux frères, Eliyahu M. Goldratt et Jeff Cox, ont proposé en 1979 une nouvelle méthode de gestion de la production de l'entreprise. Elle résulte du constat que deux types de ressources coexistent dans les entreprises

- les **goulets** : ressources dont la capacité est inférieure ou égale à la demande du marché ;
- les **non-goulets** : ressources dont la capacité est supérieure à la demande du marché.

Les auteurs d'OPT ont basé leur démarche sur neuf règles et une devise qu'ils ont développées dans un ouvrage original intitulé « Le BUT, l'excellence en production ».

10.4.2 Indicateurs de l'entreprise

a) Indicateurs financiers traditionnels

Tout responsable d'entreprise se réfère à des indicateurs financiers pour déterminer la bonne santé de ses affaires et pour définir ses orientations stratégiques. Issus de la comptabilité générale, ces indicateurs sont :

- le bénéfice net (valeur absolue) ;

- la rentabilité (valeur relative) ;
- la trésorerie (valeur absolue).

Dans un souci de développement de son entreprise, chaque responsable cherchera à augmenter ces trois indicateurs.

b) Indicateurs d'OPT

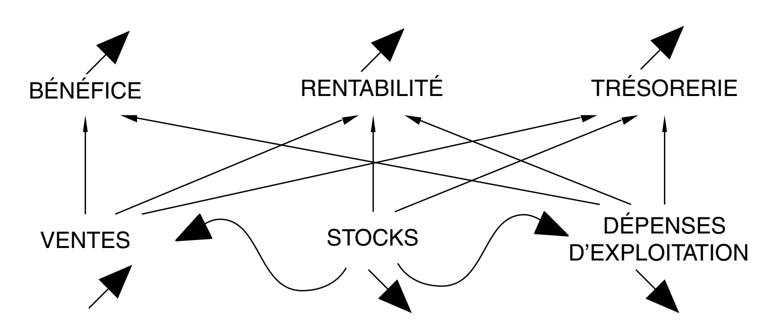
Dans leur ouvrage, les concepteurs d'OPT conduisent une réflexion pour déterminer le véritable but d'une entreprise. Ils en concluent que celui-ci est avant tout de « GAGNER DE L'ARGENT ». Cela revient à réhabiliter la notion de profit.

Dans cet esprit, ils nous proposent de nouveaux indicateurs plus significatifs :

- le **produit des ventes** : c'est l'argent que le système génère par les ventes ;
- les **stocks** : c'est l'argent que le système immobilise sous forme de matières en attente ou en cours de transformation ;
- les **dépenses d'exploitation** : c'est l'argent que le système dépense pour transformer les stocks en produits vendus.

c) Comparaison de ces indicateurs

Alors que dans le système comptable classique chaque chef d'entreprise cherchera à augmenter les trois indicateurs traditionnels (bénéfice, rentabilité, trésorerie), OPT préconise d'augmenter les ventes et diminuer les stocks et les dépenses d'exploitation.



- Avec une augmentation des ventes :
  - le bénéfice qui est proportionnel aux ventes augmente ;
  - la rentabilité $\frac{\text{Ventes}}{\text{Capitaux}}$ augmente ;
  - la trésorerie augmente en fonction des entrées d'argent.
- Avec une diminution des dépenses d'exploitation :
  - le bénéfice augmente puisqu'il est égal à :

$$\text{Prix vente} - (\text{Matières} + \text{Dépenses d'exploitation})\ ;$$

  - la rentabilité $\frac{\text{Ventes}}{\text{Dépenses d'exploitation}}$ augmente ;
  - la trésorerie augmente (ou plutôt ne baisse pas) puisqu'il n'y a pas d'achat.
- Avec une diminution des stocks :
  - on ne connaît pas, *a priori*, son impact sur le bénéfice ;

- la rentabilité $\frac{\text{Ventes}}{\text{Stock}}$ augmente ;
- la trésorerie augmente (ou plutôt ne baisse pas) puisqu'il n'y a pas d'achat.

Par contre, avec une diminution des stocks, les dépenses d'exploitation baissent entraînant une baisse des prix de revient. Cette baisse peut se traduire par un avantage concurrentiel permettant d'augmenter les ventes.

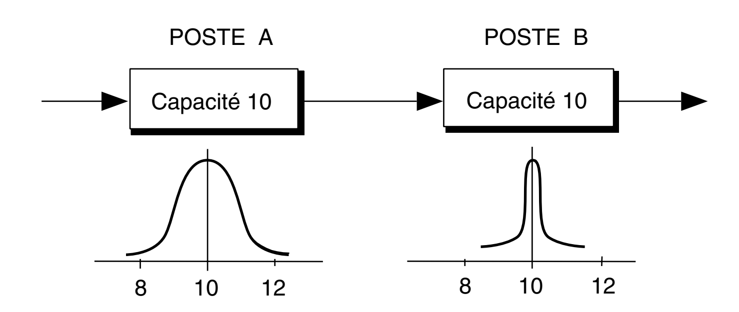
Nous pouvons donc constater que les variations des indicateurs OPT entraînent des variations cohérentes des indicateurs traditionnels. De plus, ces indicateurs sont plus faciles à suivre au jour le jour car ils ne demandent pas de traitements comptables complexes.

10.4.3 Règles d'OPT

Remarque : Beaucoup de règles prennent tout leur sens dans le cas de fabrication relativement continue sur des lignes de produits. Toutefois, il faut savoir qu'il est toujours possible de les appliquer, au début, qu'à une partie de la production et de les mettre ensuite en pratique dans toute l'entreprise.

a) Règle 1

Il faut équilibrer les flux et non les capacités.



Étudions la production de deux postes A (poste manuel) et B (poste automatisé) qui s'enchaînent pour produire quatre pièces 1, 2, 3 et 4. Chaque poste exécute sa tâche en 10 unités de temps mais avec des variations différentes.

Il est possible d'établir le planning prévisionnel de fabrication suivant :

	POSTE A			POSTE B		
Pièce	Prévision	Réalisation	Écart	Prévision	Réalisation	Écart
1	1 – 10			11 – 20		
2	11 – 20			21 – 30		
3	21 – 30			31 – 40		
4	31 – 40			41 – 50		

Au cours de la réalisation, on note les temps de passage de chaque pièce sur chaque poste.

	POSTE A			POSTE B		
Pièce	Prévision	Réalisation	Écart	Prévision	Réalisation	Écart
1	1 – 10	1 – 12	2	11 – 20	13 – 22	2
2	11 – 20	13 – 24	4	21 – 30	25 – 34	4
3	21 – 30	25 – 32	2	31 – 40	35 – 44	4
4	31 – 40	33 – 40	0	41 – 50	45 – 54	4

Chaque poste a travaillé en fonction de sa capacité et pourtant nous constatons un retard ! Comment expliquer au poste A que le retard au poste B est de sa faute ?

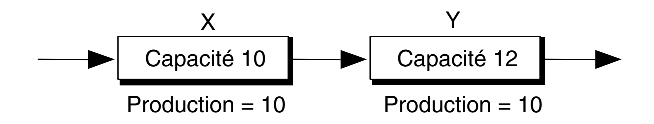
Les variations aléatoires successives s'ajoutent les unes aux autres. Les délais s'accroissent et les retards s'accumulent.

b) Règle 2

Le niveau d'utilisation d'un non-goulet n'est pas déterminé par son propre potentiel mais par d'autres contraintes du système.

Soit une ligne de production X-Y :

- X = ressource goulet – capacité 10 pièces par heure.
- Y = ressource non-goulet – capacité 12 pièces par heure.



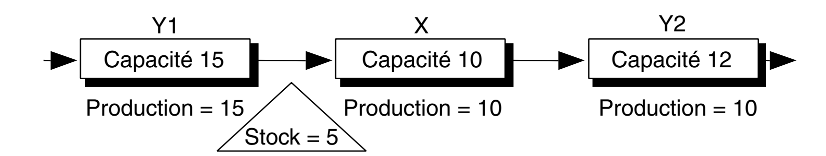
Conclusion : Y produira à la capacité de X.

c) Règle 3

Utilisation et plein emploi d'une ressource ne sont pas synonymes.

Soit une ligne de production Y1 – X – Y2 :

- Y1 = ressource non-goulet – capacité 15 pièces par heure.
- X = ressource goulet – capacité 10 pièces par heure.
- Y2 = ressource non-goulet – capacité 12 pièces par heure.



Conclusion :
- Y1 produisant à pleine cadence générera un stock de 5 pièces par heure qui ne sera jamais absorbé.
- Y2 produira à la capacité de X.

d) Règle 4

Une heure perdue sur un goulet est une heure perdue sur tout le système.

C'est la machine goulet qui détermine le débit de sortie des produits de l'entreprise. De ce fait, tout temps perdu sur une telle ressource réduit le débit de sortie, c'est-à-dire réduit le résultat de tout le système industriel.

e) Règle 5

Une heure gagnée sur un non-goulet n'est qu'un leurre.

Compte tenu de la règle 2, nous nous rendons compte que si nous augmentons la capacité de production d'une machine non-goulet, elle continuera à produire à la vitesse de la machine goulet.

f) Règle 6

Les goulets déterminent à la fois le débit de sortie et les niveaux des stocks.

g) Règle 7

Souvent, le lot de transfert ne doit pas être égal au lot de fabrication.

Lot de transfert = quantité de produits transférés d'une opération à l'autre
Lot de fabrication = quantité produite par une ressource entre deux changements de série

h) Règle 8

Les lots de fabrication doivent être variables et non fixes.

Car la taille des lots peut être modifiée pour respecter certains objectifs tactiques ou stratégiques.

i) Règle 9

Établir les programmes en prenant en compte toutes les contraintes simultanément. Les délais de fabrication sont le résultat d'un programme et ne peuvent donc pas être prédéterminés.

j) Devise

La somme des optimums locaux n'est pas l'optimum du système global.

10.4.4 Concepts

Ces règles répondent à quatre grands concepts :

- il faut équilibrer les flux et non les capacités. Les goulets sont non seulement inévitables mais souhaitables ;
- il y a interaction entre les ressources goulets et non-goulets et leurs effets sur les coûts, le débit et le niveau des stocks ;
- il existe deux types de lots qui doivent être gérés dynamiquement ;
- l'ordonnancement des tâches doit prendre en compte à la fois les contraintes de matières et de capacité pour assurer une bonne synchronisation.

10.5 Démarche d'amélioration industrielle

10.5.1 Mission d'amélioration industrielle ou méthode de résolution des problèmes ?

Une mission d'amélioration industrielle s'apparente, par sa démarche et les outils utilisés, à la méthode de résolution des problèmes, comme le montre le tableau comparatif ci-après.

Mission d'amélioration industrielle	Méthode de résolution des problèmes
Définition de la mission	Définition du sujet ou du problème : ▪ Choisir le sujet. ▪ Définir avec précision la situation de départ. ▪ Quantifier la situation à partir de données. ▪ Fixer l'objectif à atteindre.
Analyse critique de l'existant Synthèse – Diagnostic	Analyse des causes : ▪ Rechercher toutes les causes possibles. ▪ Analyser les causes. ▪ Vérifier et valider les hypothèses.
Recherche de solutions avec leurs critères d'évaluation	Choix de la solution : ▪ Identifier les solutions possibles. ▪ Définir les critères de choix des solutions.
Choix et étude détaillée d'une solution Tests – Validation	▪ Valider l'efficacité des solutions et choisir une solution. ▪ Définir la solution.
Mise en œuvre de la solution	Application de la solution et suivi des résultats : ▪ Planifier la solution retenue.
Suivi et correction de la solution Bilan de la mission	▪ Suivre la réalisation de la solution. ▪ Standardiser la solution.

Il est possible de noter que la principale différence entre ces deux approches vient de l'origine de la démarche. Dans le cas de la méthode de résolution des problèmes, le point de départ est un problème à résoudre alors que dans le cas d'une mission d'amélioration on cherche à atteindre un résultat que l'on se fixe par avance. Mis à part cette différence et compte tenu de la similitude des méthodes, nous n'aborderons, par la suite, que la notion de mission d'amélioration industrielle.

10.5.2 Définition d'une mission d'amélioration industrielle

a) Définition d'un objectif

L'objectif d'une mission d'amélioration industrielle est un but à atteindre avec, éventuellement des étapes, chaque étape étant un objectif intermédiaire. Pour définir un objectif, il faut définir :

- Le résultat à atteindre : la cible. Ce résultat s'exprime en terme de pourquoi ? et non de comment ?
- Les conditions dans lesquelles la performance doit se réaliser : le domaine (les moyens humains et financiers, les limites), le délai et les contraintes.
- Les critères de la performance : mesure du résultat à atteindre. Il s'exprime sous forme d'amélioration d'un indicateur de mesure sur une période de temps.

Verbe	Indicateur	Valeur	Date/délai	Domaine	Contraintes
Augmenter Diminuer Atteindre	Qté en stock Valeur en stock Taux service	Quantité Valeur Pourcentage	Sous 6 mois Sur exercice comptable Pour le 01/01/2010	Service Usine Poste X	Budget constant Effectif constant

Deux mauvais exemples :

– Je dois automatiser mon atelier pour diminuer les délais de fabrication.
– Je dois mettre en place une GPAO pour améliorer mon système d'information.

Ces deux exemples de mission sont de très mauvais objectifs car on n'exprime aucun indicateur de mesure permettant de juger de la réussite de la mission et, surtout, ils sont exprimés sous forme de mise en place d'une solution et non pas comme un objectif à atteindre. Pour bien comprendre la différence : « Iriez-vous voir votre docteur pour lui demander uniquement des piqûres sans lui dire où vous avez mal ? »

De meilleurs exemples :

– Doubler ma production en 4 ans sur la même surface d'atelier et ce, en deux équipes.
– Améliorer les conditions de travail et mettre aux normes le bâtiment dans les 2 années à venir.
– Gagner 20 % de productivité sans investissement d'ici à 18 mois.
– Réduire d'une semaine chaque année, pendant 3 ans, les délais de livraisons.

b) Recherche d'un objectif

Il est courant d'utiliser l'outil « QQOQCPC » pour définir précisément un problème, un objectif ou une solution. Il permet de s'assurer de la bonne compréhension de l'objectif par l'ensemble des acteurs.

Il faut aborder successivement les questions « Qui ? », « Quoi ? », « Où ? », « Quand ? », « Comment ? », « Pourquoi ? » et « Combien ? » Les deux dernières questions peuvent être posées à chacune des autres questions. Il est parfois nécessaire d'identifier plusieurs réponses pour une question afin de définir précisément un sujet.

Pour définir un objectif, les questions sont :

- Qui est concerné par le respect de l'objectif ?
- Quel est l'objectif ? Quelle est l'amélioration souhaitée ?
- Où sera appliqué l'objectif ?
- Quand sera appliqué l'objectif ? Quel est le délai prévisionnel ?
- Comment sera respecté l'objectif ? Quelles contraintes doivent être prises en compte ?

Ces réponses doivent permettre d'avoir la même évaluation des résultats à obtenir à la fin de la mission.

10.5.3 Analyse critique de l'existant

a) Nécessité d'un modèle

Il n'y a pas d'analyse de l'existant universelle pour un système donné, celle-ci ne peut se faire qu'en fonction d'un objectif à atteindre ou d'un domaine à diagnostiquer.

En fait, l'expression « analyse de l'existant » est un peu usurpée. En effet, cette analyse ne peut se faire que sur un modèle, retenant l'essentiel des informations du système concernant le domaine étudié et ce modèle doit permettre d'avoir une vision simplifiée qui soit la plus proche possible du système étudié. Il faut donc s'attacher à la définition d'un modèle permettant d'atteindre l'objectif et non la totalité du système.

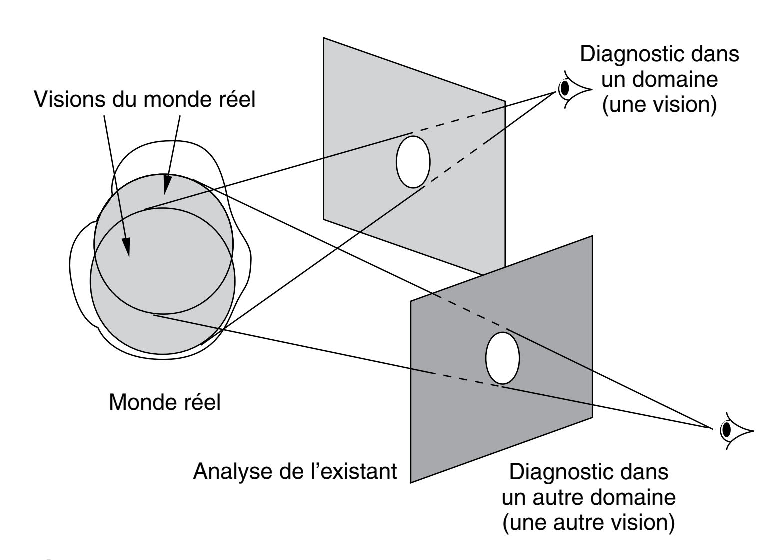


Figure 10.16 – **L'entreprise n'est perçue qu'à travers un filtre.**

La modélisation d'un système de production s'effectue en deux étapes complémentaires :

- une modélisation statique qui consiste à décrire le système d'un point de vue fonctionnel en faisant ressortir ses composants : les objets (données) et les activités (fonctions),

- une modélisation dynamique qui consiste à décrire la logique de fonctionnement du système dans le temps. Cette logique peut concerner : le fonctionnement interne de la partie physique du système et le fonctionnement de la partie gestion (conduite) du système.

La modélisation doit fournir le degré de détails nécessaire à la résolution du problème posé. Chaque méthode de modélisation est en fait un filtre par lequel l'observateur regarde le monde réel. Suivant la taille de ce filtre et sa position relative entre l'observateur et système étudié (niveau d'abstraction), le modèle sera plus ou moins détaillé.

b) Recueil d'information et analyse critique de l'existant

➤ *Identification des problèmes à résoudre*

Pour définir un problème, il est possible d'utiliser l'outil QQOQC ; les questions sont alors :

- Qui est concerné ? Qui est impliqué dans la situation ?
- Quel est le problème à résoudre ?
- Où a lieu le problème ?
- Quand, à quel moment le problème s'est produit ?
- Comment le problème apparaît-il ? Quel est le symptôme constaté ?

Ces réponses doivent permettre de définir précisément la situation ou de prévoir une recherche d'informations.

➤ *Recherche de toutes les informations du système étudié*

Il est important de rechercher les informations pertinentes en fonction du sujet traité, le domaine traité et la finesse des informations recherchées.

➤ *Recherche de tous les points de dysfonctionnement*

L'outil le plus courant utilisé, à cette étape, est le « diagramme d'Ishikawa » ou diagramme « Causes-effet ». Il permet de représenter, sous forme d'un graphe, les différentes causes qui produisent un effet bien précis.

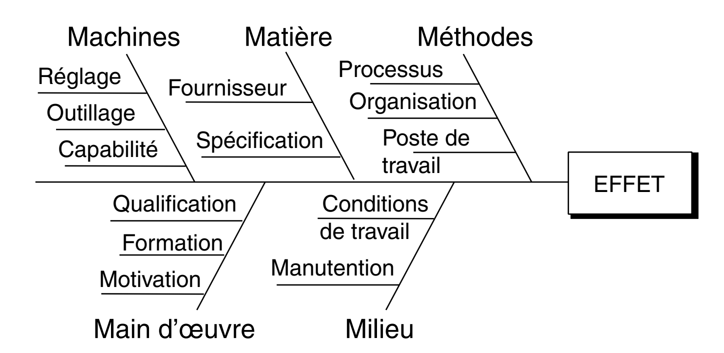


Figure 10.17 – **Diagramme d'Ishikawa ou diagramme causes-effet.**

Cette méthode s'appuie sur les étapes suivantes :

- définition précise de l'effet considéré ;

  Exemple : défaut de qualité, écart de procédure…

- recensement exhaustif de toutes les causes possibles, qu'elles soient réelles ou possibles ;

- classement typologique de ces causes en familles et sous-familles. Dans un système de production, il est de coutume d'utiliser comme familles les cinq « M » :
  - **machine** : par extension c'est tout investissement sujet à amortissement (machines, locaux, gros outillage…),
  - **main d'œuvre** : c'est tout le personnel de l'entreprise,
  - **matière** : c'est tout ce qui est consommable (matières premières, composants, fluides…),
  - **méthode** : c'est la façon de réaliser les produits (définition du processus de production),
  - **milieu** : c'est l'environnement permettant de définir les conditions de travail, l'ergonomie… ;
- hiérarchisation des causes à l'intérieur de chaque famille ;
- réalisation du diagramme. Cette étape permet de préciser l'affectation définitive de chaque cause à une famille. Tout d'abord, on dessine une grande flèche indiquant le résultat désiré ; ensuite on trace une flèche oblique par famille ; puis des flèches horizontales correspondant aux sous-familles et ainsi de suite.

10.5.4 Synthèse – Diagnostic

Lors de cette étape, il convient de :

- faire une analyse et un regroupement des causes des dysfonctionnements avec mise en évidence de leur degré de criticité,
- mettre en évidence des axes d'amélioration et leur priorité de mise en œuvre en mettant en évidence leurs avantages et leurs inconvénients,
- d'affiner éventuellement, ou de remettre en cause, les objectifs de la mission.

10.5.5 Recherche de solutions avec leurs critères d'évaluation

L'outil le plus courant utilisé, à cette étape, est le « brainstorming » (remue-méninges). Cet outil sert lorsqu'un groupe de travail a besoin de produire un maximum d'idées. Il favorise la créativité et l'émergence d'idées nouvelles. Pour cela, il est souhaitable de respecter quelques règles élémentaires :

- chaque participant émet une idée lorsqu'il le souhaite ;
- une idée n'est jamais farfelue ou naïve, ce sont souvent ces idées qui ouvrent la voie de la solution ;
- chaque participant peut enrichir les idées des autres ;
- aucune idée émise ne doit être critiquée, ni par la parole, ni par un geste.

La méthode de recherche de solution se décompose en quatre phases :

➤ *Une phase où l'animateur rappelle les règles et définit clairement le sujet*

➤ *Une phase de créativité durant laquelle chaque participant doit respecter les règles citées précédemment*

Pendant cette phase, l'animateur doit noter, sur un support visible de l'ensemble des membres du groupe, toutes les idées émises. Il doit le faire assez rapidement pour ne pas

entraver la phase de créativité et lisiblement pour permettre à chacun d'observer les idées émises pour les enrichir.

L'animateur doit inviter les membres du groupe à participer et doit intervenir rapidement pour recentrer le groupe dès qu'un participant entraîne le groupe dans une discussion qui perturbe la créativité. Il doit continuer ainsi jusqu'à épuisement des idées puis faire un tour de table pour s'assurer que les participants n'ont plus d'idées à exprimer.

➤ *Une phase d'analyse des idées émises*

Avant la phase d'analyse, l'animateur peut numéroter les idées. Ensuite, les participants peuvent débattre sur les idées numérotées en supprimant les idées redondantes, inadéquates…

➤ *Une phase de définition de la solution*

Pour définir une solution, en se servant de l'outil QQOQC, les questions sont :

- Qui est impliqué dans la mise en œuvre de la solution ?
- Quelle est la solution ?
- Où sera mise en œuvre la solution ?
- Quand est planifiée la mise en place ?
- Comment sera réalisée la mise en œuvre de la solution ?

Ces réponses doivent permettre de définir précisément les solutions afin de pouvoir choisir en toute quiétude la meilleure solution. Il faudra également s'attacher à vérifier :

- la cohérence technique, les réorganisations nécessaires, les besoins en formation,
- la rentabilité, les besoins de financement…

10.5.6 Choix et étude détaillée d'une solution

Pour sélectionner une solution parmi l'ensemble des solutions identifiées lors d'un brainstorming, il est courant d'employer la méthode du vote pondéré.

Pour appliquer cet outil, il faut tout d'abord recenser la totalité de besoins à couvrir par la solution et apporter, à chacun d'eux, un poids d'importance. Pour des raisons de facilité, il est pratique de chercher à ce que la somme de ces poids soit égale à une puissance de 10 (10, 100, 1 000…). Ensuite, on réalise un tableau à deux entrées comprenant d'une part les solutions à choisir et d'autre part les critères d'analyse.

Si le choix est effectué par une seule personne, celle-ci note chaque critère en fonction des données qui sont en sa possession et la solution la plus pertinente est celle qui a recueilli le maximum de points.

Si le choix est effectué par plusieurs personnes, chaque personne fait son appréciation individuellement et chaque critère obtient la note totale pondérée du nombre de personnes.

Dans le cas d'une égalité, il est possible d'organiser un second tour en supprimant les sujets ayant obtenus peu de points au premier vote.

10.5.7 Tests – Validation

Cette étape consiste à effectuer une simulation de solution sélectionnée afin de définitivement valider le choix.

10.5.8 Mise en œuvre de la solution

La mise en œuvre d'une solution commence par la définition d'un plan d'action qui est un ensemble ordonné de dispositions arrêtées en vue de son exécution.

Ce plan d'action définit un ensemble coordonné de tâches en vue d'obtenir le résultat ou le comportement attendu. On peut assimiler un plan d'action à un projet concernant le fonctionnement de l'entreprise.

Un plan d'action suppose que l'on définisse clairement les éléments suivants :

- l'objectif de la mise en œuvre,
- le responsable,
- des actions à mener et les mesures de suivi à mettre en place,
- le calendrier de mise en place et de surveillance de la solution,
- les moyens financiers, matériels et humains nécessaires.

10.5.9 Suivi et correction de la solution

Le suivi consiste à vérifier si la mise en place de la solution est conforme au calendrier établi. En cas de dérive, de date ou d'objectif non atteint, il est nécessaire d'apporter une correction à toute dérive.

10.5.10 Bilan de la mission

Il est indispensable d'établir le bilan organisationnel et financier au terme du délai fixé dans le calendrier de mise en œuvre et de vérifier que les indicateurs de mesure fixés dans les objectifs ont correctement évolué.

10.6 Le KAIZEN

10.6.1 Définition et objectif

Le Kaizen, signifiant amélioration en Japonais, est une philosophie reposant sur la conviction que l'efficacité de l'organisation est liée à une amélioration permanente de la qualité et de la productivité. Elle repose sur une attitude dans l'action suivant laquelle il faut s'améliorer et s'efforcer de faire mieux en se remettant en cause en permanence pour voir les problèmes autrement.

Toute entreprise a des problèmes qui sont résolus en établissant une culture d'entreprise dans le cadre de laquelle chacun peut admettre librement que les problèmes existent et qu'ils ne doivent pas être perçus en terme de résolution de conflits.

Cette philosophie ne se substitue pas aux outils de la qualité et ce n'est pas une affaire de nationalité mais de mentalité.

10.6.2 Différentes approches du progrès

En Occident, le management est souvent orienté vers l'innovation et les résultats alors qu'au Japon le management est essentiellement orienté vers le processus. C'est pour cela que Kaizen est souvent opposé, en occident, à innovation.

Le Kaizen vise de petites améliorations apportées au *statu quo* (conséquence des efforts quotidiens) alors que l'innovation consiste en une amélioration drastique du *statu quo* (investissement important en technologie ou en équipements). Le Kaizen ne signifie pas qu'il faille négliger l'innovation (pour croître, l'entreprise à besoin des deux).

10.6.3 Différences entre Kaizen et innovation

	Kaizen	Innovation
Effets	À long terme et durable mais non spectaculaires	À court terme mais spectaculaires
Rythme	À petits pas	À grandes enjambées
Effets dans le temps	Continus et croissants	Intermittents et discontinus
Changements	Graduels et constants	Abrupts et volatils
Engagement	Tout le monde	Quelques rares champions
Approche	Collective, efforts en groupe, approche systémique	Individualisme farouche, idées personnelles et efforts individuels
Mode	Maintenance et amélioration	On casse et on reconstruit
Déclenchement	Savoir conditionnel et tour de main	Percées technologiques, nouvelles inventions, nouvelles théories
Exigences pratiques	Exige peu d'investissement mais de gros efforts de maintenance	Exige de gros investissements mais peu de maintenance
Orientation	Vers les gens	Vers la technologie
Critères d'évaluation	Processus et efforts pour de meilleurs résultats	Résultats en termes de profit
Avantages	Fonctionne mieux dans une économie à croissance lente	Mieux adaptée à une économie à la croissance rapide

10.6.4 Nouvelle vision de l'entreprise

La base du Kaizen est la recherche permanente de la satisfaction du consommateur en servant ses besoins (stratégie d'amélioration conduite par le client). La pire des situations est lorsque l'entreprise ne fait que de la maintenance au lieu de faire du Kaizen. Le Kaizen met l'accent sur les efforts sur les critères portant sur le processus :

- la discipline,
- la gestion du temps,
- le développement des qualifications,
- la participation et l'implication,
- le moral,
- la communication.

10.7 La culture d'entreprise dans l'évolution industrielle

10.7.1 La culture d'entreprise

La culture d'entreprise est le résultat de plusieurs facteurs :
- L'histoire de l'entreprise : suivant que l'entreprise est familiale ou impersonnelle, en pleine expansion ou ayant déjà subi des difficultés, certaines actions semblent impossibles car elles n'ont jamais été réalisées (réaction aux habitudes acquises).
- L'environnement de l'entreprise : habitudes de travail et attitudes différentes suivant le type de clients (administration, clientèle privée), de fournisseurs et de sous-traitants.
- Les échelles de valeurs internes : il est toujours difficile de toucher au statut apparent (perte de pouvoir) ou de réduire le train de vie de certaines personnes (avantages acquis).
- L'attitude collective du personnel. Cette attitude collective est liée :
  - au style d'animation de la direction,
  - à l'action syndicale,
  - aux phénomènes de groupe,
  - l'ambiance économique de la région ou du pays.

10.7.2 Évoluer en tenant compte de la culture d'entreprise

a) Constat

Sachant que ce qui est réalisé dans certaines entreprises est impossible ou utopique dans d'autres, il se pose souvent le problème de savoir comment faire évoluer une culture d'entreprise inadaptée à la guerre économique pour être en mesure d'appliquer des mesures indispensables.

b) Réussir une démarche d'amélioration industrielle

Une démarche d'amélioration industrielle ne peut réussir que si c'est une démarche volontariste de la part de la direction et doit s'intégrer dans un véritable projet d'entreprise. Il est indispensable de privilégier la pédagogie par l'action immédiate. Elle réclame, de ce fait, beaucoup de pédagogie pour faire participer le maximum de catégories de personnel (et plus particulièrement les plus réticents).

Afin de convaincre, il faut changer avec succès un peu pour montrer que l'on peut changer encore plus profondément (des réformes, même ponctuelles mais aux résultats évidents, sont à privilégier même si elles se heurtent au scepticisme).

EXERCICES



PRÉSENTATION DU CHAPITRE

Nous avons vu, dans les chapitres précédents, que l'objectif principal de l'Organisation et Gestion de la Production est d'assurer une bonne régulation du flux des produits dans l'entreprise.

Celui-ci se ramène à un flux de pièces allant du fournisseur aux clients en passant par le stock de matière première, la production et le stock de produits finis. Nous pouvons remarquer que le pilotage de ce flux se ramène à deux pilotages de base, le pilotage des stocks et le pilotage de la production qui doivent conduire à lancer les ordres d'achat et de fabrication correspondant aux commandes clients.

Est regroupé ici un ensemble d'exercices corrigés visant à mieux comprendre les outils utilisés dans le pilotage des flux de production.

En s'appuyant sur la logique présentée ci-dessus, nous avons organisé ce chapitre en trois parties

- une première partie consacrée à des exercices ayant pour dominante le pilotage des stocks
- une deuxième partie consacrée à des exercices ayant pour dominante le pilotage de la production, c'est-à-dire l'ordonnancement,
- une troisième partie consacrée à des études de cas traitant simultanément de problèmes de gestion des stocks et d'ordonnancement.

Exercice 1.1 (ABC)

➤ *Énoncé*

Étant donné les informations suivantes concernant la gestion des stocks d'une entreprise :

N° Produit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prix Unitaire (€)	7,62	12,20	0,26	5,34	30,49	15,25	0,91	6,35	3,05	16,10
Consommation sur 3 mois	300	100	7 000	200	55	130	1 500	120	500	91

➤ *Travail demandé*

Avant de déterminer sa politique de réapprovisionnement, le responsable des stocks souhaite affecter des classes d'importance aux produits qu'il gère.

1. Sur quels critères peut-on effectuer les différentes analyses ? Précisez, à chaque fois, l'objectif visé.
2. Effectuer les analyses correspondant à ces critères. Qu'en concluez-vous ?
3. Détermination des classes des produits.

Exercice 1.2 (Point de Commande)

➤ *Énoncé*

Une étude statistique a montré qu'un produit du stock suivait une loi de consommation régulière. Pendant une période d'étude de 13 semaines, il a été observé, pour ce produit, une consommation de 390 pièces.

Le gestionnaire des stocks désire gérer ce produit suivant la technique du point de commande.

➤ *Travail demandé*

1. Quelle est la valeur de ce point de commande sachant que le délai de livraison de cette pièce est de 3 semaines ?
2. Que deviendrait le point de commande précédemment calculé si nous avons 2 jours de délai administratif entre la connaissance du stock et l'émission de la commande (semaine de 5 jours) ? Quelle est l'immobilisation de stock induite par ce délai administratif ?
3. Quel seuil de sécurité devra-t-on prendre pour ce produit si nous souhaitons palier à un retard de 3 jours dans la livraison (semaine de 5 jours) ?

Exercice 1.3 (Analyse consommation, Quantité économique)

➤ *Énoncé*

Une première analyse des consommations sur les premiers jours ouvrés de 2010 d'un produit coûtant 8,42 € nous donne les informations suivantes :

N° du jour ouvré	4	8	18	24	32	44	57	64
Consommation	20	25	60	40	50	65	75	60

De plus, une analyse des coûts nous donne :

- le taux de stockage est de 20 % (ou t = 0,20) ;
- le coût de passation d'une commande est de 38,11 € ;
- l'entreprise travaille 230 jours par an.

➤ *Travail demandé*

1. Quels sont les jours calendaires qui correspondent aux jours ouvrés de sortie du produit ?
2. Trouver la consommation journalière de ce produit :
   2.1. Graphiquement.
   2.2. Analytiquement.
3. Sachant qu'il y a 120 pièces en stock de ce produit le 4 janvier 2010, à quelle date prévisionnelle peut être envisagée la rupture de stock ?
4. Quelle est la quantité économique de ce produit et son coût réel lorsqu'il est acheté par cette quantité ?
5. Quelle est la couverture permise par un approvisionnement par quantité économique ?
6. L'acheteur a l'habitude d'acheter ce produit par 500. Calculer le surcoût annuel supporté par l'entreprise pour ce mode d'approvisionnement.

Janvier 2010

V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

Février 2010

L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28

Mars 2010

L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

Exercice 1.4 (Zone économique, Remise)

➤ *Énoncé*

Une entreprise consommant, de façon régulière, 1 000 pièces par mois d'un produit dont le prix unitaire est de 0,76 € souhaite définir sa politique d'achat.

Elle souhaite avoir un seuil de sécurité de 500 pièces pour palier aux aléas de fabrication et une analyse de sa structure administrative nous permet de dire que le coût de passation d'une commande est de 71,50 € et que les frais de magasinage représentent 25 % (ou t = 0,25) du prix unitaire.

➤ *Travail demandé*

1. Définir les différentes politiques d'achat possibles de ce produit.
2. Calculer les différents coûts liés aux politiques de réapprovisionnement suivantes :
   2.1. Achat par 1 000 Pièces
   2.2. Achat par 3 000 Pièces
   2.2. Achat par 5 000 Pièces
3. Étudiez les surcoûts occasionnés par ces politiques de réapprovisionnement au lieu d'un réapprovisionnement par quantité économique. Que peut-on en déduire ?
4. Combien coûte le même produit, dans toutes les hypothèses précédentes avec une politique de stock nul ?
5. Quel est le surcoût occasionné par le stock de sécurité dans la gestion de l'entreprise ?
6. Acceptez-vous la proposition d'un fournisseur qui vous propose une remise de 3 % pour une commande de 10 000 pièces (avec stock de sécurité) ?
7. Quel est le taux au-dessous duquel vous n'accepterez pas de remise (avec stock de sécurité et pour une commande de 10 000 pièces) ?
8. Déterminer la zone économique d'approvisionnement qui entraîne un surcoût inférieur à 0,5 % du coût unitaire minimum.

Remarque : *compte tenu des faibles valeurs les calculs de coûts doivent être réalisés avec 4 décimales.*

Exercice 1.5 (Appro. à date fixe, taux stockage, Unité de Gestion)

➤ *Énoncé*

La société X vient de vous prendre en stage pour l'aider à améliorer sa gestion de production. Une société de conseil a déjà effectué un audit dernièrement et a mis en évidence un certain nombre d'informations que le responsable de stage met à votre disposition. Afin de vous familiariser avec l'entreprise, il vous demande de l'avancer dans son travail en l'aidant à résoudre quelques questions qui lui sont posées.

Extrait du fichier des stocks au 1er février 2010 :

Produit	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
UA : Unité d'achat (Nombre pièces)	10	100	100	1	10	500	1	10	100	100
Prix de l'unité d'achat (€)	106,72	18,30	68,60	13,72	381,13	13 415,79	25,92	655,54	381,13	1 981,88
UG : Unité de gestion (Nb pièces)	1	100	200	1	1	50	1	10	10	1
Stock au 1er février	15	7	5	50	20	10	30	2	15	40
Conso moyenne mensuelle (Nb Pièces)	240	6 000	6 000	880	50	2 000	240	150	3 000	150
Nb moyen d'UG fournies à chaque sortie de magasin	4	3	3	2	10	1	3	1	1	5

Informations fournies par le dernier audit :

- Lorsque l'unité de gestion d'un produit n'est pas la même que l'unité d'achat et est différent de 1 ce produit nécessite un reconditionnement à la livraison qui augmente son prix unitaire de 10 %.
- L'unité d'achat du produit A6 correspond approximativement à la quantité économique d'approvisionnement de ce produit compte tenu des données de l'entreprise et du Prix Unitaire du produit à l'achat.
- Chaque produit est géré en stock, sans stock de sécurité, en fonction de son unité de gestion et le coût de passation d'une commande est estimé à 45,75 €.
- Le taux de stockage des produits fabriqués est estimé à 15 % (t = 0,15).
- L'entreprise travaillant sur stock, il est habituel de lancer en fabrication le produit fini X par gamme et par quantité économique avec un lot de transfert égal au lot de fabrication.
- Pour ce produit fini X, dont la gamme de fabrication est donnée ci-après, la quantité économique est de 80 pièces pour une demande annuelle de 2 500 pièces et son coût unitaire est estimé à 198,50 €.

Gamme fabrication – Produit fini X			
Phase	Moyen	Temps (Minutes) Série	Temps (Minutes) Opératoire
10	M 1	10	10
20	M 2	5	12
30	M 3	20	15
40	M 4	30	6

- L'entreprise travaille 11 mois par an et les semaines sont généralement de 5 jours ouvrés de 8 heures dont 7,5 heures effectivement travaillées.

➤ *Travail demandé*

1. Calculer le prix unitaire de l'unité de gestion de chaque produit au 1er février. Dans ce calcul, il sera tenu compte des éventuels coûts de reconditionnement mais pas des coûts relatifs à l'approvisionnement et au stockage.

2. Calculer la valeur en stock de Matière Première au 1er février 2010 afin de pouvoir renseigner le compte 31 du compte de stocks et d'en-cours du bilan de l'entreprise.
3. Calculer le niveau de trésorerie à prévoir mensuellement pour assurer l'approvisionnement des produits A1 à A10.
4. Calculer le taux de stockage des matières premières et le coût de lancement d'un produit en fabrication.
5. Lorsqu'elle commande le produit A6 par quantité économique, l'entreprise est conduite à passer une commande par semaine. Le fournisseur lui propose de passer une commande de 4 000 pièces tous les 2 mois pour simplifier son travail. Sachant que l'unité d'achat revient réellement 13 507,29 € à l'entreprise, quelle remise doit-elle négocier avec le fournisseur pour qu'au bout du compte ce produit ne lui revienne pas plus cher ?
6. Pour stocker les matières premières, le magasinier souhaite acheter un magasin automatique linéaire desservi par un robot manipulateur qui se repositionne en début de ligne de magasinage après chaque mouvement. Afin de minimiser les temps d'accès, il souhaite les ranger intelligemment dans le magasin et pour cela il vous demande d'effectuer une analyse ABC :
   6.1. Quel critère choisissez-vous ?
   6.2. Quelle est la classe d'importance de chaque produit ?
   6.3. Quel conseil lui donneriez-vous pour ranger les produits dans le magasin ?

Exercice 1.6 (Unité de Gestion)

➤ *Énoncé*

En gestion des stocks, nous approvisionnons des profilés d'aluminium par barres « standard » de 6 mètres au prix de 91,24 € la barre mais on les gère en stock en mètre. L'utilisation de ces profilés dans la fabrication, nous entraîne une chute moyenne par barre correspondant à 10 % de la longueur.

➤ *Travail demandé*

1. Quelles sont les unités d'achat et de délivrance de ces profilés ?
2. Quel est le prix unitaire de l'unité de délivrance de ces profilés si celle-ci est le mètre ?
3. Que devient ce prix unitaire de l'unité de délivrance de ces profilés si on ne souhaite pas gérer les chutes (on affecte leurs coûts sur les fabrications concernées proportionnellement à la quantité de profilé utilisée) ?
4. Un fournisseur vous propose de vous livrer des barres « non standard » de 5,50 mètres à 16 € le mètre. Que décidez-vous (donnez quelques commentaires) ? Quel serait le prix de l'unité de délivrance dans ce cas ?

Nota : *Dans cet exercice nous ne tiendrons pas compte des coûts d'approvisionnement et de stockage.*

Exercice 1.7 (MRP)

➤ *Énoncé*

Une entreprise est équipée d'un progiciel de GPAO fonctionnant suivant la logique MRP.

Un résultat intermédiaire de calcul nous donne, pour une période d'étude, les informations partielles indiquées sur la feuille de calcul ci-contre. L'unité de planification MRP est fixée à la semaine et l'horizon de calcul va des semaines S13 à S20 incluses.

Cas d'emploi	Périodes (Unité : Sem) ⇒						S13		S14		S15		S16		S17		S18		S19		S20	
	Nomen-clature			Réf Produit		Rng	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS
						A/F	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN
	C_{sant}	$Q_{té}$	Perte	LT1	Q_{max}	Dél	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop
				Brn	Q_{mini}	S_s	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att
				LT2	Reb	Stck	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S
	B	1		A																		
	C	2				F																
	D	2		1	–																	
	E	1		1	1																	
				1	0		40		60		100		120		30		30		30		70	

Une analyse d'une partie des données techniques d'une entreprise nous fournit les résultats suivants :

Extrait des liens de nomenclature :

Composé	A	A	A	A
Composant	B	C	D	E
Quantité	1	2	2	1

État du stock en fin de semaine 12 :

Produits	B	C	D	E
Type (A/F)	A	A	A	A
Délai (semaine) Unité Gestion	4 Un	1 Un	2 Un	2 Un
Lot Technique 1	1	1	7	1
Borne	1	1	7	1
Lot Technique 2	1	1	7	1
Qté mini d'appro	1	1	7	200
Qté maxi en stock	–	–	–	–
Rebut (%)	0	0	0	0
Stock Sécurité	0	10	0	0
Quantité en stock	100	100	10	120

Afin de faciliter sa gestion, l'entreprise a décidé de passer une commande annuelle d'approvisionnement du produit B et de satisfaire aux besoins de ce produit par des commandes d'appoint :

Commande annuelle de 3 000 pièces B livrables
par 60 toutes les semaines paires.

L'entreprise a déjà lancé des commandes d'achat et c'est ainsi que l'on attend une disponibilité de 210 pièces B en semaine S13.

➤ *Travail demandé*

1. Effectuer le calcul des besoins pour la période d'étude montrant l'évolution du stock des produits A, B, C, D et E dans le temps.
2. En déduire le calendrier des suggestions de fabrication de ces produits que fournit le progiciel de GPAO sur la période d'étude.

Exercice 1.8 (MRP – Pertes)

➤ *Énoncé*

Étant donné une entreprise qui fabrique et commercialise deux produits finis F1et F2 ainsi qu'un produit de rechange SF4.

Données techniques

- État des stocks

En fin de semaine 12, les informations contenues dans le fichier stock sont les suivantes :

Produit	A1	A2	A3	A4	F1	F2	SF1	SF2	SF3	SF4	SF5
Type	Achat	Achat	Achat	Achat	Fab	Fab	Fab	Fab	Fab	Fab	Fab
Unité achat	30	15	9	25							
Unité de stock	Un	Un	Un	Un	Un	Un	Un	Un	Un	Un	Un
Stock sécurité	10	5	3	5	0	0	0	5	4	10	0
Qté en stock	5	0	10	10	12	10	5	5	8	18	8
Lot technique					1	7	1	1	1	1	1
Quantité mini					10		7	10	6		10
Délai (sem)	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2

- Structure des produits

Les produits sont connus par le fichier des liens suivant :

Csé	F1	F1	F2	F2	SF1	SF1	SF2	SF2	SF2	SF3	SF3	SF3	SF4	SF4	SF5	SF5
Csant	SF3	SF4	SF1	SF2	SF4	SF5	A1	A2	A4	A1	A2	A3	A1	A4	A1	A4
Qté	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2
%Perte					10				5							

Pour les rebuts, on arrondira à la quantité immédiatement supérieure.

Données commerciales

Les besoins à satisfaire par l'entreprise sont les suivants :

10	SF4	Pour la semaine 16	15	F1	Pour la semaine 17
20	F1	Pour la semaine 18	20	F1	Pour la semaine 20
20	F2	Pour la semaine 18	20	F2	Pour la semaine 20
30	SF4	Pour la semaine 18			

Relevé de quelques informations de l'entreprise

- Calendrier

Nous sommes en fin de semaine 12. En liaison avec le Comité d'Entreprise, il a été décidé d'octroyer une semaine de congés à tout le personnel de l'entreprise en semaine 19.

- Règles de gestion des stocks et état des en-cours

Afin de faciliter sa gestion, l'entreprise a décidé de passer une commande annuelle d'approvisionnement du produit A1 et de satisfaire aux besoins de ce produit par des commandes d'appoint.

   – Commande annuelle de 1 000 pièces A1 livrables par 40 toutes les semaines paires.

L'entreprise a déjà lancé en fabrication quelques types de produits. C'est ainsi que l'on attend une disponibilité des pièces concernant des ordres de fabrication suivant l'échéancier suivant :

   – 6 pièces SF3 prévues disponibles en semaine S13

   – 50 pièces SF4 prévues disponibles en semaine S16

- Progiciel de GPAO

La période de planification du progiciel de GPAO est la semaine et l'horizon de calcul des besoins couvre 8 périodes.

➤ *Travail demandé*

1. Quels sont les produits indépendants et dépendants ?
2. Quels sont les produits achetés et fabriqués (Produits finis, produits semi-finis) ?
3. Déterminer le cycle de fabrication de chaque produit fabriqué (inclure le délai d'approvisionnement).
4. L'entreprise utilise le progiciel de GPAO pour définir son travail :
   4.1. Déterminer la date de début de l'horizon (date de début de calcul) qui lui permet de connaître ce qu'elle doit faire la semaine prochaine
   4.2. Déterminer le calendrier prévisionnel des lancements en fabrication et des commandes d'approvisionnement qui doit permettre à l'entreprise de satisfaire les besoins prévus. Que constatez-vous ?

   Quel est l'état prévisionnel des stocks en fin d'horizon ?
5. Établir le fichier inverse des liens qui correspondent aux données techniques. L'entreprise, dans un souci d'amélioration de la qualité de ses produits, souhaite vérifier, plus particulièrement, les produits utilisant le produit acheté A4. Établir son cas d'emploi à 1 niveau et multiniveaux.

Exercice 1.9 (MRP – Pertes et Rebuts)

➤ *Énoncé*

En considérant les données techniques suivantes :

Fichier de STOCKS				
Produit	D	I	J	K
Type	Fab	Ach	Ach	Ach
Délais	1	1	2	1
Rebut	0	0	0	10 %
Stock Sécu	0	150	0	0
Stock sem 19	220	100	400	0

Fichier des LIENS			
Composé	D	D	D
Composant	I	J	K
Quantité	1	1	2
Perte	0	10 %	0

et le résultat de la passe permettant le calcul des besoins nets du produit D suivant la technique MRP suivant :

Semaine	20	21	22	23	24	25	26
Produit D	BB = 210	BB = 180	BB = 320	BB = 10	BB = 70	BB = 90	BB = 300

Sachant que :

- nous sommes en fin de semaine 19 et les délais sont exprimés en semaines ;
- pour les rebuts, on arrondira à la quantité immédiatement supérieure ;

Informations comptables

- le coût de revient de la pièce D est de 34,25 € ;
- le prix d'achat de la pièce K est de 19 € ;
- le nombre de pièces D fabriquées annuellement est de 9 000 ;
- le nombre de pièces K achetées annuellement est de 30 000 ;

- le taux de stockage d'une pièce fabriquée est de 23 % ;
- le taux de stockage d'une pièce achetée est de 15 % ;
- le coût de lancement en fabrication est de 70 € ;
- le coût d'un approvisionnement est de 47,50 €.

Politique de fabrication

- le lancement en fabrication de D se fait par quantité exacte avec un minimum égal à la quantité économique ;

Contraintes d'approvisionnement

- l'approvisionnement de J se fait par quantité exacte ;
- le fournisseur du produit I nous impose un conditionnement indivisible de 200 pièces ;
- le produit J peut être approvisionné par quantité exacte ;
- l'unité d'achat du produit K est de 150 mais l'approvisionnement de cette pièce n'est intéressant pour l'entreprise que si on l'approvisionne avec une quantité minimum égale à la quantité économique ;

➤ *Travail demandé*

1. Compléter les données techniques (lot technique 1, borne, lot technique 2, quantité mini, quantité maxi) des produits à prendre en charge dans le calcul MRP. Pour cela vous devez précédemment :
   1.1. Calculer la quantité économique du Produit D ;
   1.2. Calculer la quantité économique du Produit K ;
2. À cette occasion, précisez :
   2.1. Le calcul des Besoins bruts de la pièce J sur une période ;
   2.2. Le calcul des Besoins nets de la pièce K sur une période.
   2.3. Faire le calcul MRP.
   2.4. Établir le planning des suggestions de fabrication de la pièce D et d'approvisionnement des pièces achetées ; indiquer le stock prévisionnel en fin de semaine 26.
   2.5. Faire vos commentaires sur la gestion des stocks de cette entreprise.

Exercice 1-10 (MRP – Rebuts)

➤ *Énoncé*

Une entreprise fabrique, entre autres, 2 produits conformément aux nomenclatures suivantes :

Niveau	Article		Qté
1	A		
2	B	Qté :	1
2	E	Qté :	1
3	D	Qté :	2
3	G	Qté :	1
2	F	Qté :	1
3	B	Qté :	1
3	D	Qté :	1
3	G	Qté :	1

Niveau	Article		Qté
1	C		
2	G	Qté :	1
2	H	Qté :	1
3	B	Qté :	1
3	E	Qté :	1
4	D	Qté :	2
4	G	Qté :	1

Pour effectuer ses prévisions de fabrication et d'approvisionnement, l'entreprise utilise un progiciel de GPAO qui fonctionne suivant le principe MRP. Toutefois, l'entreprise ne souhaite

pas faire toutes ses prévisions avec ce logiciel et continue à approvisionner le produit B suivant la technique du point de commande.

PdP – Plan Directeur de Production

Cette entreprise, après analyse des différentes demandes, décide de produire :

- Pour le SAV : Service Après Vente :
  - 25 Produits E à livrer en semaine 7
- Pour le Service Commercial :
  - 15 Produits A à livrer en semaine 5
  - 20 Produits A à livrer en semaine 7
  - 15 Produits A à livrer en semaine 10
  - 10 Produits C à livrer en semaine 7
  - 25 Produits C à livrer en semaine 9

État du stock en fin de semaine 3

Produits	A	B	C	D	E	F	G	H
Type (A/F)								
Délai (semaine) Unité Gestion	2 Un	1 Un	1 Un	1 Un	1 Un	1 Un	2 Un	1 Un
Lot Technique 1	1	1	10	20	25	10	5	1
Borne	1	1	10	20	25	10	40	1
Lot Technique 2	1	1	10	20	25	10	10	1
Qté mini d'appro	1	1	1	1	1	1	50	1
Qté maxi en stock	–	–	–	–	–	–	–	–
Stock Sécurité	0	0	0	0	10	0	0	0
Quantité en stock	17	48	0	37	35	0	57	0

Caractéristiques de production

Le produit D est un produit très fragile et on peut statistiquement constater une perte de 10 % lors de son montage sur le produit E et 5 % lors de son montage sur le produit F.

De plus, le produit C ayant des tolérances de caractéristiques très « serrées », on constate, statistiquement, un taux de rebut de 10 % en fin de fabrication. Dans sa politique de qualité, les produits rebutés ne sont pas récupérés et sont jetés au pilon.

En-cours

Le produit D étant stratégique et très utilisé dans l'entreprise, celle-ci a passé une commande annuelle avec le fournisseur qui s'est engagé à livrer 50 produits D toutes les semaines paires en acceptant de livrer des commandes supplémentaires par lot de 20 pièces sous 1 semaine.

➤ *Travail demandé*

1. Déterminer les produits fabriqués et les produits achetés
2. Parmi les produits fabriqués, déterminer les produits finis et produits semi-finis
3. Déterminer les produits à besoins indépendants de l'entreprise.

   Sachant que nous sommes en fin de semaine 3 :
4. Déterminer la date de fin d'horizon qui couvre les prévisions du PdP.
5. Effectuer le calcul des besoins sur l'horizon qui couvre les prévisions du PdP.

6. Déterminer le calendrier des suggestions d'approvisionnement et de fabrication nécessaire pour la réalisation du PdP.

Exercice 2.1 (Gestion d'affaire – Pert (délais, coûts)

➤ *Énoncé*

Vous êtes responsable d'une affaire qui doit se terminer au plus tard le 30 novembre et dont les données vous sont communiquées ci-après, sous forme de tableau d'inventaire des tâches et d'un diagramme PERT avec les calculs de dates au plus tôt et au plus tard :

N° Tâche	Durée (en mois)	Contraintes d'antériorité	Moyens nécessaires	Coût (en €)	Responsable
A	1	E	MB1 : 150 h.	75	Sté JUILLET
B	2	A, D	ME2 : 300 h.	150	Sté AVRIL
C	3	F	MC1 : 200 h.	200	Sté FÉVRIER
D	2	–	ME2 : 250 h. MA6 : 100 h.	125	Sté AVRIL
E	2	–	ME2 : 200 h.	100	Sté AVRIL
F	3	E	MP4 : 200 h.	100	Ent. PRINTEMPS

Pour simplifier, nous considérons que la charge de chaque moyen est uniformément répartie pendant toute la durée de la tâche. La capacité « réaliste » d'un mois normal est en moyenne de 150 h. Il n'y a pas de vacances.

De même, nous considérons que, de manière générale, la dépense relative à chaque activité (il s'agit de la location des équipements nécessaires) s'effectue lors de l'achèvement de celle-ci, et que la vente de l'ouvrage au client est faite à l'achèvement de la dernière tâche (paiement en une seule fois).

➤ *Travail demandé*

1. Analyse de cette affaire
   1.1. Établir le graphe de cette affaire
   1.2. Déterminer le chemin critique et les marges libres et totales de chaque tache
2. Dans une politique de planification des tâches qui maximise la sécurité sur les délais :
   2.1. Établissez le diagramme de GANTT
   2.2. Dessinez le diagramme de charge du moyen ME2.
   2.3. Conclusion ?
3. Dans une politique de planification des tâches qui minimise les coûts financiers liés à l'immobilisation des capitaux :
   3.1. Établissez le diagramme de GANTT
   3.2. Dessinez le diagramme de l'immobilisation financière.

Exercice 2.2 (Pert probabiliste)

➤ *Énoncé*

Lors de votre prise en charge d'une construction, l'ingénieur chargé de cette affaire vous a fourni les informations suivantes :

	A	B	C	D	E	F	G	H
Durée optimiste	12	2	1,5	4	4	1	2	
Durée probable	14,5	2,5	1,5	7,5	6,5	1	2,5	
Durée pessimiste	20	6	4,5	14	12	1	6	
Durée moyenne	15	3	2	8	7	1	3	0
Début + Tôt	0	17	15	15	0	15	17	17
Début + Tard	0	20	18	15	13	19	20	20
Chemin Critique	*			*				

a besoin de	A	B	C	D	E	F	G	H
A		x	x	x		x	x	
B								
C		x					x	x
D								
E		x					x	x
F		x						
G								
H		x						

Février 2006

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M

Mars 2006

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V

Les durées sont exprimées en jours et l'entreprise ne travaille pas les Samedi et Dimanche.

Rappel : *Écart type d'une loi de distribution β :* $\sigma = \sqrt{\left(\frac{t_p - t_0}{6}\right)^2}$

➤ *Travail demandé*

1. Quelle est la durée moyenne de réalisation de cette construction ?
2. Calculer la probabilité de réaliser cette construction en 25 jours.
3. Calculer la durée de fabrication (nombre entier de jours) qui assure une probabilité minimum de 95 % de réaliser cette construction. Quelle est, en fait, la probabilité de réaliser cette construction qui correspond à la durée que vous venez de trouver ?
4. Quelles sont les dates de début au plus tôt de chaque tâche si on souhaite terminer cette construction le 20 mars 2006 (Raisonnement sur les durées moyennes des tâches).
5. Le responsable de la réalisation de la tâche E vous demande la possibilité de démarrer son chantier le 2 mars 2006 au matin. Quelle est votre attitude et pourquoi ?
6. Le responsable du chantier B vous demande, après la décision que vous avez prise dans la question précédente, de démarrer au plus tôt afin de se libérer le plus rapidement possible. Quelle date lui donnez-vous et pourquoi ?

Exercice 2.3 (Johnson)

➤ *Énoncé*

Étant donné les fabrications Pi réalisées sur les moyens M1 et M2 conformément aux OF suivants :

P1		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	20
20	M2	25

P2		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	10
20	M2	8

P3		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	14
20	M2	11

P4		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	12
20	M2	10

P5		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	12
20	M2	15

P6		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	18
20	M2	12

P7		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	25
20	M2	20

P8		
Phase	Moyen	Temps
10	M1	15
20	M2	20

Le temps interopératoire correspondant au transfert des produits entre les moyens sera considéré comme nul.

➤ *Travail demandé*

1. Calculer la durée de fabrication de ces 8 produits si on les fabrique au plus tôt dans l'ordre des numéros de produit. Quel est le temps d'inactivité de chaque moyen ?
2. Calculer la durée de fabrication de ces 8 produits si on les fabrique au plus tôt dans l'ordre déterminé par l'algorithme de Johnson.
   2.1. Quel est le temps d'inactivité de chaque moyen ?
   2.2. Quel gain obtient-on en appliquant cet algorithme ?

Exercice 2.4 (Johnson généralisé)

➤ *Énoncé*

Soit une ligne de fabrication de 7 postes (P1 à P7) sur laquelle on désire réaliser les 8 produits (A à H) suivants :

A		
Phase	Moyen	Temps
10	P1	15
20	P2	2
30	P3	7
40	P4	7
50	P5	12
60	P7	5

B		
Phase	Moyen	Temps
10	P1	3
20	P2	5
30	P3	7
40	P4	12
50	P5	1
60	P6	1
70	P7	2

C		
Phase	Moyen	Temps
10	P1	4
20	P2	11
30	P3	12
40	P4	7
50	P5	18
60	P6	3
70	P7	9

D		
Phase	Moyen	Temps
10	P1	12
20	P2	20
30	P3	5
40	P4	3
50	P5	12
60	P6	3
70	P7	9

E		
Phase	Moyen	Temps
10	P2	1
20	P4	5
30	P6	3
40	P7	2

F		
Phase	Moyen	Temps
10	P1	5
20	P3	3
30	P4	5
40	P5	11
50	P6	5
60	P7	5

G		
Phase	Moyen	Temps
10	P1	3
20	P4	12

H		
Phase	Moyen	Temps
10	P1	7
20	P2	1
30	P3	11
40	P4	2
50	P5	9
60	P6	8
70	P7	7

Dans cet exercice, nous estimerons que le temps de transfert des produits entre les postes est négligeable.

➤ *Travail demandé*

1. Indiquez l'algorithme d'ordonnancement qui permet de minimiser le temps global de réalisation de ces 8 produits (A à H).
2. Trouver l'ordre de fabrication de ces 8 produits en appliquant l'algorithme que vous proposez.
3. Représenter graphiquement la prévision de réalisation au plus tôt de ces fabrications dans le temps :
   3.1. Les produits en ordonnées
   3.2. Les moyens en ordonnées.

Exercice 2.5 (Calcul et lissage de charges)

➤ *Énoncé*

Lors de l'établissement de son planning d'atelier, le responsable de l'ordonnancement d'une entreprise de mécanique constate le vendredi soir de la semaine 2006-39, pour un des postes de charge indépendant d'une de ses sections d'atelier, la répartition des charges suivante :

Semaine	2006-40		2006-41		2006-42		2006-43		2006-44		2006-45	
Charges prévues (h)	OF10	5,00	OF16	10,00	OF11	7,00	OF17	3,00	OF19	7,00	OF21	8,00
	OF15	9,00	OF09	8,00	OF18	6,00	OF22	10,00	OF23	8,00	OF26	5,00
	OF12	7,00	OF13	10,00	OF20	8,00	OF27	7,00	OF25	9,00	OF28	7,00
	OF14	4,00			OF24	5,00	OF30	7,00			OF29	9,00
	OF32	8,00					OF31	8,00			OF33	8,00

Compte tenu de l'organisation mise en place dans cette entreprise, ces charges concernent des fabrications qui ont été jalonnées au plus tard.

Octobre 2006

	S 40							S 41							S 42							S 43							S 44	
D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

Novembre 2006

S 44					S 45							S 46							S 47							S 48			
M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

L'horaire hebdomadaire de travail de l'entreprise est de 35 heures réparties en 5 jours de 7 heures.

Chaque opérateur est responsable de sa machine et, de ce fait, assure un entretien hebdomadaire qui représente 30 minutes pour chaque poste. Le nettoyage journalier ainsi que les différents arrêts divers représentent également un arrêt d'environ 1/2 heure par jour.

En qualité d'adjoint à ce responsable de l'ordonnancement, vous êtes chargé plus particulièrement du bon fonctionnement de ce poste de charge. En cas de surcharge, il vous est nécessaire de proposer des solutions d'équilibrage qui vous permettent d'effectuer la charge de travail

prévue. Il n'existe malheureusement pas de sous-traitants aptes à vous décharger du travail, par contre, le chef d'entreprise accepte d'autoriser des heures supplémentaires si elles sont correctement justifiées.

Si vous souhaitez déplacer un OF pour effectuer un équilibrage des charges, la nature même du travail, ainsi que l'organisation du travail vous oblige à déplacer la totalité d'un OF sur une semaine (il n'est pas possible de réaliser un OF sur 2 semaines consécutives).

➤ *Travail demandé*

Pour la période d'étude allant de la semaine 2006-40 à la semaine 2006-45 et une unité de planification correspondant à une semaine :

1. Calculer les taux de chargement, d'utilisation et de disponibilité de ce poste pour chaque période de l'horizon d'étude. En déduire les périodes de surcharge et de sous-charge de ce poste.
2. Dans quel sens doit-on effectuer les décalages d'OF pour effectuer un lissage de charge lorsque celui-ci est possible. Pourquoi ?
3. Vérifier la faisabilité d'un lissage de charge par décalage d'OF. Que constatez-vous ?
4. Prendre les décisions qui s'imposent pour réaliser ces prévisions de charge (donner par semaine la liste des OF à réaliser ainsi que les heures supplémentaires justifiées que vous demandez de faire).

Exercice 2.6 (Optimisation gamme)

➤ *Énoncé*

Un produit P est réalisé suivant la gamme de fabrication suivante :

Phase	Moyen	Temps	
		TS (ch)	Top (ch)
10	M1	15	9
20	M2	30	20
30	M3	15	8
40	M4	20	11
50	M5	70	20

Il est à noter que les temps de transfert peuvent être estimés à :

- Entre M1 et M2 Temps de transfert = 1 h 30
- Entre M2 et M3 Temps de transfert = 2 h
- Entre M3 et M4 Temps de transfert = 1 h
- Entre M4 et M5 Temps de transfert = 1 h

L'horaire hebdomadaire de travail de l'entreprise est de 35 heures réparties en 5 jours de 7 heures. Chaque opérateur est responsable de sa machine et, de ce fait, assure un entretien hebdomadaire qui représente 30 minutes pour chaque poste. Le nettoyage journalier ainsi que les différents arrêts divers représentent également un arrêt d'environ 1/2 heure par jour.

➤ *Travail demandé*

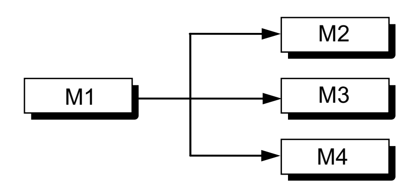
Souhaitant définir la politique de lancement en fabrication, on vous demande d'étudier différentes politiques pour une quantité à fabriquer de 300 pièces :

1. Durée de fabrication « maximum » (sans chevauchement)
   1.1. Représenter le graphique représentant l'évolution de la durée en fonction du temps
   1.2. Calculer cette durée (en jours ouvrables)
2. Durée de fabrication avec chevauchement des temps série
   2.1. Représenter le graphique représentant l'évolution de la durée en fonction du temps
   2.2. Calculer cette durée (en jours ouvrables)
3. Durée de fabrication avec lot de transfert sans chevauchement des temps série
   3.1. Représenter le graphique représentant l'évolution de la durée en fonction du temps
   3.2. Établir l'équation de la durée de fabrication en fonction de la taille du lot de transfert (LT) et la taille du lot de fabrication (Q)
   3.3. Calculer cette durée (en jours ouvrables) pour un lot de transfert de 100 pièces
   3.4. Déterminer le lot de transfert qui permettrait de réaliser cet OF en 20 jours ouvrables
   3.5. Déterminer la durée minimum de réalisation de cet OF

Exercice 2.7 (Kanban)

➤ *Énoncé*

Étant donné la maille Kanban suivante composée des 4 postes de travail M1, M2, M3 et M4.



Le poste M1 est prévu pour fournir des pièces P aux postes M2, M3 et M4. Sachant que :

- l'on consomme :
  - 30 pièces P par jour au poste M2,
  - 45 pièces P par jour au poste M3,
  - 105 pièces P par jour au poste M4.
- l'on souhaite avoir des containers contenant, pour des questions de logistique, plus de 6 pièces P.

➤ *Travail demandé*

1. Déterminez le nombre de pièces P que doit contenir chaque container.
2. Combien de « Kanbans » doivent circuler entre M1 et chacun des autres postes (M2, M3, et M4) ?
3. Combien d'emplacements de « Kanbans » doit-on prévoir pour la pièce P sur le TOP du poste M1 ?

Exercice 2.8 (OPT)

➤ *Énoncé*

Un produit A est réalisé, sur une chaîne automatisée dédiée uniquement à la fabrication de ce produit, conformément à la gamme de fabrication suivante :

Fabrication Pièce « A »			
Phase	**Moyen**	**Temps opératoire**	**Opérations**
10	M1	0,50 h	Usinage
20	M2	0,42 h	Usinage
30	M3	0,53 h	Montage

➤ *Travail demandé*

Sachant que cette chaîne automatisée travaille 8 heures par jour.

1. Quelle est la cadence journalière de la chaîne ?
2. Quel est le poste goulot de la chaîne ? Pourquoi ?
3. Quelles sont les valeurs des temps morts sur les postes non-goulots ?

Exercice 2.9 (OPT)

➤ *Énoncé*

Une pièce est réalisée sur une ligne de fabrication dédiée suivant la gamme de fabrication suivante :

Gamme de fabrication		
Phase	**Moyen**	**Temps (mn)**
10	A	10
20	B	5
30	C	10
40	D	15
50	B	15

➤ *Travail demandé*

Sachant que l'on doit réaliser une commande de 100 pièces pour un client :

1. Quelle est la machine goulot ? Pourquoi ?
2. Combien peut-on faire de pièces par heure sur cette ligne de fabrication en régime établi ? [indiquer la (ou les) règle(s) OPT qui justifie(nt) votre calcul].
3. Calculer la durée du cycle de fabrication de cette commande en considérant que le lot de transfert est égal à 100 ? (En heures et minutes).
4. Diminution du cycle de fabrication
   4.1. Que faudrait-il faire pour diminuer ce cycle de fabrication sans diminuer le temps opératoire de chaque phase ?
   4.2. Déterminer, dans ce cas, le cycle de fabrication minimum (En heures et minutes).
   4.3. Indiquer la (ou les) règle(s) OPT qui justifie(nt) votre proposition.
5. Le chef d'équipe impose à l'opérateur du poste A de produire au maximum de sa cadence pendant 20 heures, pensant que des pièces similaires seront, sans doute, nécessaires ultérieurement dans d'autres commandes. Si ce n'est pas le cas, quelle est la quantité de pièces non utilisées induites par cette décision ? [indiquer la (ou les) règle(s) OPT qui justifie(nt) votre calcul].
6. La machine du poste D tombant très souvent en panne du fait de sa vétusté, sa capacité réelle est estimée à 70 % de sa capacité nominale. Refaire les questions 1 et 2 dans ces nouvelles conditions.

Exercice 2.10 (Méthode des chaînons)

➤ *Énoncé*

Implantation par la méthode des chaînons de 12 moyens notés de A à L :

								Quantités (N)	
Produits	**OP1**	**OP2**	**OP3**	**OP4**	**OP5**	**OP6**	**OP7**	**N/mois**	**N/transfert**
1	C	I	G	A				1 000	100
2	D	G	L	E				2 000	200
3	K	J	A	G	I			2 400	100
4	A	K	G	D	F			800	200
5	L	I	D	H	A			1 400	200
6	B	J	A	H	F	D	G	8 000	200
7	B	K	G	D	A	H	F	600	100
8	L	C	E					1 800	100

➤ *Travail demandé*

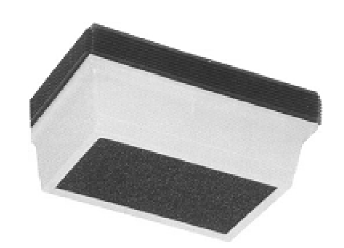
À partir des gammes et des quantités fournies dans le tableau précédent :

1. Bâtir le tableau des chaînons.
2. Définir l'ordre d'implantation
3. Réaliser un canevas d'implantation par la méthode des chaînons (Indiquer les trafics sur les chaînons).

Exercice 3.1 (Gestion des stocks)

➤ *Énoncé*

Vous venez d'être embauché dans une PMI de 45 personnes en succession du gestionnaire de production qui vient de quitter la société juste après avoir implanté un progiciel de GPAO qui fonctionne selon la méthode MRP. Cette PMI fabrique, entre autre, des épurateurs d'air (photo ci-contre) qui permettent d'éliminer toute présence de particules et de fumées dans une pièce.



Votre premier travail est de vous mettre, le plus rapidement possible, au courant de la situation actuelle surtout que vous êtes sollicité très souvent par le PDG (Président Directeur Général) qui souhaite que ce remplacement de gestionnaire ne perturbe pas la production et veut profiter de votre arrivée pour réfléchir sur quelques choix de gestion qui ont été pris précédemment.

L'entreprise

- fabrique la majorité des pièces principales de cet épurateur (carrosserie en acier peinte grâce à une peinture époxy, circuits imprimés intégrés, *dont vous avez un exemple ci-contre…*)
- achète quelques pièces de structure (capot de protection en ABS, filtres…) et la totalité des composants électroniques et mécaniques courants.
- assemble ses produits et les distribue à des magasins grossistes.



Afin de prendre connaissance avec le progiciel de GPAO, vous étudiez la carte électronique, présentée ci-dessus, correspondant au transformateur Haute Tension de l'épurateur d'air. Cette carte électronique est réalisée à partir d'un circuit imprimé (160 × 230 mm), de référence « C25 », qui est réalisé dans l'entreprise à partir d'une plaque d'époxy de 1 × 1,2 m, de référence « E12 », achetée 48 euros HT à un fournisseur qui nous les livre sous 2 semaines ouvrées.

Il existe environ 1 800 articles en stock répartis de manière relativement régulière en une vingtaine de familles. Les produits sont référencés par code de 3 caractères de structure 1 alphabétique (code analytique définissant la famille du produit) et 2 numériques (code arbitraire identifiant l'article dans la famille – la valeur 00 n'est pas utilisée).

En reprenant le travail de votre prédécesseur, vous trouvez un document de travail sur lequel il avait consigné un certain nombre d'informations :

- L'entreprise travaille en moyenne 240 jours par an (pour des raisons de simplification, nous estimons que toutes les semaines sont constituées de 5 jours ouvrés)
- Le coût de passation d'une commande d'approvisionnement est estimé à 80 € (Euros)
- Le coût de lancement d'un OF en fabrication est estimé à 40 €.
- Le coût de gestion d'un Euro de stock est estimé à 0,20 €.

Une analyse d'une partie des données techniques d'une entreprise nous fournit les résultats suivants :

Extrait des liens de nomenclature correspondant à l'étude :

Composé	A	A	A	A
Composant	B	C	D	E
Quantité	1	2	2	1

Un résultat intermédiaire de calcul nous donne, pour une période d'étude, les informations partielles indiquées sur la feuille de calcul ci-contre. L'unité de planification MRP est fixée à la semaine et l'horizon de calcul va des semaines S13 à S20 incluses.

➤ *Travail demandé*

1. Le PDG pense que son immobilisation financière en stock est trop importante. Vous lui proposez :
   1.1. d'effectuer une analyse ABC pour identifier les produits les plus importants : sur quel critère allez-vous effectuer votre analyse ?
   1.2. d'identifier les produits qui ont un stock mort : quelle définition du stock mort d'un produit d'utilisation courante donnez-vous à votre PDG qui cherche à comprendre votre proposition (précisez au moins une cause de génération d'un stock mort) ?
2. Le PDG vous signale que votre prédécesseur lui avait annoncé que la codification actuelle utilisée pour les références articles risquait de poser, à terme, des problèmes si l'entreprise se développait. Il vous demande donc de l'éclairer :
   2.1. Combien d'articles en stock peut-on référencer avec le code utilisé actuellement si on se limite à vingt familles de produits ?
   2.2. Profitant de la mise en place du progiciel de GPAO, vous proposez de changer la structure du code. Quelle est la proposition que vous pourriez faire à votre PDG qui n'impliquerait que très peu de changement d'habitude aux employés de l'entreprise et qui

augmenterait de manière très sensible le nombre d'articles que l'on pourrait référencer par la suite ?

3. Les plaques d'époxy sont achetées par plaques et gérées en dm^2 en stock : déterminer le prix unitaire de l'unité de gestion de cette plaque.
4. Voulant initialiser les données techniques concernant le circuit imprimé C25 :
   4.1. Déterminer le nombre maximum de circuits imprimés que l'on peut réaliser dans une plaque d'époxy (pour des raisons de découpage, tous les circuits doivent être dans un même sens : pas d'imbrication compliquée).
   4.2. Quantifier le lien de nomenclature reliant le circuit imprimé C25 à la plaque d'époxy E12.
   4.3. Sachant que la plaque d'époxy E12 n'est utilisée QUE pour la réalisation du circuit C25, déterminer le taux de perte que l'on doit indiquer dans le lien de nomenclature si on souhaite y intégrer la chute de manière proportionnelle à la superficie du circuit C25.
   4.4. Déterminer le coût matière (plaque d'époxy) entrant dans la réalisation d'un circuit C25.
5. Voulant vérifier les données recueillies par votre prédécesseur, vous discutez avec l'acheteur qui vous dit que le produit « B25 », coûtant 3,00 €, est acheté depuis longtemps par quantité économique. Continuant votre entretien avec l'acheteur, vous apprenez que ce produit est utilisé de manière relativement régulière toute l'année et que l'entreprise en consomme en moyenne 50 par semaine.
   5.1. Calculer la quantité économique d'approvisionnement du produit B25 ?
   5.2. Donnant votre résultat à l'acheteur, celui-ci vous affirme que cette valeur est fausse et que la quantité économique de ce produit est de 600 pièces : quel est le véritable coût de passation d'une commande (parallèlement, vous avez commencé à vérifier les données de gestion de l'entreprise et vous avez confirmé la valeur du taux de stockage) ?
   5.3. À partir des données annoncées par l'acheteur :
      4.3.1. Combien de commandes d'approvisionnement de ce produit l'acheteur passe-t-il par an ?
      4.3.2. Quelle est la couverture moyenne (en jours ouvrés) de ce produit ?
6. Vous souhaitez revoir la politique d'approvisionnement du produit « F86 » géré en stock à l'unité. Pour cela, vous demandez au magasinier l'historique des mouvements magasin de ce produit sur les 2 derniers mois (voir ci-après) :

Mois	M – 2				M – 1			
Semaine	1	2	3	4	1	2	3	4
Consommation	35	37	33	36	38	40	39	46

   6.1. Tracer le graphe des consommations cumulées de ce produit sur les 2 mois d'étude.
   6.2. En utilisant une extrapolation linéaire (par une droite de régression par la méthode des moindres carrés) de la consommation :
      6.2.1. Déterminer la consommation journalière moyenne du mois M – 2.
      6.2.2. Déterminer la consommation journalière moyenne du mois M – 1.
      6.2.3. Quelle tendance de consommation de ce produit remarquez-vous ?

***Rappel :** la pente de la droite de régression obtenue par la méthode des moindres carrés est égal à :* $a = \dfrac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$

6.3. Si vous décidez de déterminer la consommation journalière moyenne théorique que vous utiliserez dans le futur pour faire vos prévisions en faisant une extrapolation linéaire (par une droite de régression par la méthode des moindres carrés) de la consommation sur les deux mois :

6.3.1. Déterminer la consommation journalière moyenne théorique que vous utiliserez dans le futur pour faire vos prévisions

6.3.2. Compte tenu de la tendance de consommation que vous avez remarquée, quelle précaution prendriez-vous, en la justifiant, pour éviter tout problème futur de fabrication ? (ne pas effectuer de calculs)

7. L'entreprise effectue un calcul des besoins toutes les 2 semaines et le dernier calcul effectué sur un horizon de 8 semaines (de la semaine M/S1 à la semaine M+1/S4 incluse)

7.1.1. Quelle est la durée de l'horizon figé de cette entreprise ?

7.1.2. Effectuer le calcul des besoins pour la période d'étude montrant l'évolution du stock des produits B13 et E14 dans le temps.

***Remarque :** Chaque produit étant géré à l'unité, arrondir à l'unité la plus proche lors de la prise en compte des rebuts.*

Exercice 3.2 (Délais, Coûts)

➤ *Énoncé*

Une entreprise fabrique un produit selon la gamme de fabrication suivante (les temps série sont supposés nuls) :

Phase	Moyen	Tu (ch)
10	M1	9,00
20	M2	12,50
30	M3	8,00
40	M4	12,00
50	M5	10,00

Le regroupement des moyens a permis de déterminer un temps de transfert moyen (TT) d'une heure entre chaque poste et un taux horaire identique pour chaque poste de 22,87 € de l'heure.

- Horaires d'ouverture de l'entreprise :
  - L'entreprise travaille 230 jours par an, 7 heures par jour (de 8 h 15 à 12 h et de 13 h 30 à 16 h 45).
  - Chaque jour, on peut estimer que 30 minutes sont perdues pour différentes causes (15 minutes le matin et 15 minutes l'après midi).
- Informations comptables
  - Taux de possession : t = 25 % (t = 0,25)
  - Le coût administratif de lancement et suivi en fabrication peut être estimé à 68,60 €
- Lancement/suivi en fabrication
  - Le lancement/suivi en fabrication se fait à l'OF.

– Sachant qu'il est envisagé de fabriquer 1 000 pièces par an, le lancement en fabrication a été envisagé par OF de 100 (politique d'un lancement par mois sur 10 mois ouvrés)

- Gestion des stocks
  – Le coût de la matière première est estimé à 2,30 € par brut.

➤ *Travail demandé*

1. Calculer le délai de fabrication d'un OF de 100 pièces (en jours ouvrés) avec un lot de transfert (LT) égal au lot de fabrication (QL).
   1.1. Établir le graphe
   1.2. Établir l'équation du délai de fabrication en fonction de QL, LT et TT
   1.3. Application numérique
2. Afin d'envisager une diminution des en-cours, calculer la taille du lot de transfert qui nous permettrait de réaliser un OF de 100 pièces en 6 jours ouvrés (en se prenant une marge de 4 jours).
3. Suite à une réflexion financière, l'entreprise souhaite revoir sa politique de lancement en fabrication et souhaite faire des OF dont la taille du lot de fabrication soit un multiple de 100 proche de la quantité économique. Pour cela :
   3.1. Calculer le coût d'usinage unitaire (matière + Main-d'œuvre).
   3.2. Calculer la quantité de lancement en fabrication.
   3.3. Calculer le nombre de lancements par an.
4. Coût unitaire de production :
   4.1. Calculer le coût unitaire de production pour un OF de 100 pièces (3 décimales).
   4.2. Calculer le coût unitaire de production pour un OF de la taille trouvée à la question 3.3 (3 décimales).
   4.3. Quel gain annuel ce changement de politique apporterait-il à l'entreprise ?
5. En fait, le poste M1 est une machine-outil amortie achetée depuis longtemps. Sa valeur d'achat actualisée à ce jour est de 40 400 €. Les frais annuels d'entretien et d'exploitation représentent en moyenne 20 % de la valeur d'achat réactualisée. La masse salariale imputable (opérateur et part maîtrise) à cette machine est estimée à 16 312 € par an. Sachant que l'entreprise a prévu de « vendre » 80 % de la capacité théorique de ce poste :
   5.1. Déterminer le taux horaire réel de ce poste.

Exercice 3.3 (Lancement en production/lot transfert)

➤ *Énoncé*

Une entreprise peut fabriquer un produit de son catalogue qu'elle gère sans stock de sécurité selon les deux gammes de fabrication suivantes :

Gamme principale			
Phase	Moyen	Ts (h)	Tu (ch)
10	M1	1,00	9,00
20	M2	1,00	13,00
30	M3	0,50	8,00
40	M4	0,00	14,00

Gamme de substitution			
Phase	Moyen	Ts (h)	Tu (ch)
10	M1	1,00	9,00
20	M5	2,00	7,00
30	M4	0,00	10,00

Le regroupement des moyens a permis de déterminer un temps de transfert moyen d'une heure entre chaque poste (le coût des transferts a été intégré dans les frais généraux de l'entreprise).

Les taux horaires établis en début d'exercice comptable sont les suivants :

Moyen	Taux horaire (€)
M1	25
M2	20
M3	30
M4	25
M5	100

L'entreprise travaille 230 jours par an, 7 heures par jour (de 8 h 15 à 12 h et de 13 h 30 à 16 h 45).

Chaque jour, on peut estimer que 30 minutes sont perdues pour différentes causes (15 minutes le matin et 15 minutes l'après midi).

- Informations comptables
  - Taux de possession : t = 25 %.
  - Le coût administratif de lancement et suivi en fabrication peut être estimé à 150 €.
- Lancement/suivi en fabrication.
  - Le lancement/suivi en fabrication se fait à l'OF.
- Gestion des stocks
  - Le coût de la matière première est estimé à 15 € par brut.
  - Il est envisagé de fabriquer 1 000 pièces par an.

➤ *Travail demandé*

1. Déterminer le nombre de lancements économiques annuels pour chaque gamme. Pour cela :
   1.1. Déterminer la quantité économique de chaque gamme
   1.2. Représenter, sur un graphique, la variation du coût de revient unitaire (faire vos calculs avec 4 décimales) en fonction du nombre de lancements (étudier les variations de 1 à 10 lancements).

Rappel : $\text{Cu} = \text{Pu} + \frac{\text{Cl}}{\text{Q}} + \frac{\left(\frac{\text{Q}}{2} + \text{Ss}\right) \times \text{t} \times \text{Pu}}{\text{N}}$

   1.3. D'après l'analyse de ce graphe, quelle est la gamme la plus intéressante si on souhaite minimiser les coûts.
2. Analyse des délais de réalisation d'OF dont le lot de transfert est égal au lot de fabrication
   2.1. Calculer le délai de fabrication d'un OF pour chaque type de gamme (valeur arrondie supérieure exprimée en nombres entiers de jours ouvrés) en envisageant 4 lancements pour la gamme principale et 3 lancements pour la gamme de substitution.
   2.2. D'après l'analyse des résultats, quelle est la gamme la plus intéressante si on souhaite minimiser les délais.
3. Voulant envisager une diminution des délais de réalisation de la gamme principale :
   3.1. Déterminer l'équation de détermination des délais de cette gamme en fonction de la taille du lot de fabrication (LF) et de celle du lot de transfert (LT).

3.2. Vérification de votre résultat dans les conditions de la question précédente

3.3. Calculer la taille du lot de transfert qui nous permettrait de réaliser un OF de 250 pièces en 10 jours ouvrés.

Exercice 3.4 (Johnson, Zone économique)

➤ *Énoncé*

Une des lignes de production d'une entreprise est spécialisée dans la réalisation d'appareils électroniques.

Le processus de réalisation d'un produit A (processus identique pour les produits B, C, D et E) consiste à insérer la connectique sur un circuit imprimé au poste M1 puis à insérer les composants électroniques au poste M2. Afin de simplifier le raisonnement, les composants électroniques ou les composants de connectique sont respectivement approvisionnés sous forme de « *Kit composants n* » et de « *Kit connectique n* ».

Nous sommes en fin de semaine S3 et le précédent calcul des besoins nous a permis de valider les OF suivant à réaliser pendant la semaine S4.

N° d'OF	OF401	OF402	OF403	OF404	OF405
Produit fabriqué	A	B	C	D	E
Durée totale de l'OF sur le poste M1 (h)	8	6	7	5	9
Durée totale de l'OF sur le poste M2 (h)	2	4	8	3	7

L'entreprise travaille 40 heures par semaine et on peut estimer que chaque opérateur perd 0,5 heure par jour pour causes diverses.

Travaillant 45 semaines par an, l'entreprise envisage de vendre 6 000 appareils électroniques par an.

Une analyse des informations de l'entreprise nous permet d'estimer le taux de stockage à 25 % et le coût de passation d'une commande à 45,74 €.

La production s'effectue suivant le fichier des liens et les gammes suivantes :

A	Circuit Imprimé 1	1
A	Kit Composants 1	1
A	Kit Connectique 1	1
B	Circuit Imprimé 2	1
B	Kit Composants 2	1
B	Kit Connectique 2	1
C	Circuit Imprimé 3	1
C	Kit Composants 3	1
C	Kit Connectique 3	1
D	Circuit Imprimé 4	1
D	Kit Composants 4	1
D	Kit Connectique 4	1
E	Circuit Imprimé 5	1
E	Kit Composants 5	1

Produit A			
Phase	Moyen	Temps	
		Prépa (h)	Oper (ch)
10	M1	0,3	5,5
20	M2	0,04	1,4

Produit B			
Phase	Moyen	Temps	
		Prépa (h)	Oper (ch)
10	M1	0,4	4
20	M2	0,5	2,5

Produit C			
Phase	Moyen	Temps	
		Prépa (h)	Oper (ch)
10	M1	0	2,5
20	M2	0,16	2,8

E	Kit Connectique 5	1
F	A	1
F	B	1
F	E	1
G	C	1
G	D	1
H	Boîtier	1
H	F	1
H	G	2

Produit D			
Phase	Moyen	Temps	
		Prépa (h)	Oper (ch)
10	M1	0,1	1,75
20	M2	0,2	1

Produit E			
Phase	Moyen	Temps	
		Prépa (h)	Oper (ch)
10	M1	0,6	6
20	M2	0	5

➤ *Travail demandé*

1. Quel est le produit fini de cette unité de fabrication ? Quel est votre raisonnement ?
2. Donner la formule qui permet de déterminer la durée totale d'occupation d'un poste de charge pour une phase d'OF. En déduire la quantité de produits A, B, C, D et E que l'on doit fabriquer pendant la semaine S4 ?
3. Déterminer les taux de charge, d'utilisation et de disponibilité de chaque poste pour la semaine S4.
4. Si on réalise les 5 OF au plus tôt dans l'ordre des numéros d'OF, combien de temps nous manquerait-il pour tenir nos engagements ? (Faire le graphe GANTT correspondant).
5. Si on réalise les 5 OF au plus tôt dans l'ordre préconisé par l'algorithme de Johnson, peut-on les réaliser en 1 semaine ? (Faire le graphe GANTT correspondant).
6. Sachant que le boîtier est acheté 3,04 € et qu'on le gère sans stock de sécurité :
   6.1. Déterminer la quantité économique d'approvisionnement de ce boîtier.
   6.2. Combien doit-on faire de commandes de ce boîtier par an ?
   6.3. Quel est le coût réel de ce boîtier pour l'entreprise ?
7. Sachant que vous souhaitez que ce boîtier ne vous revienne pas plus de 3,16 € et qu'il est vendu sous un conditionnement de 200 boîtiers :
   7.1. Déterminer la zone économique d'approvisionnement de ce boîtier.
   7.2. Quelles sont les tailles de commandes acceptables dans ces conditions ?
8. Un fournisseur vous propose une remise si vous vous engagez à ne passer que 3 commandes identiques par an. Sachant que vous souhaitez que ce boîtier ne vous revienne pas plus de 3,16 €, déterminer la remise acceptable pour accepter cette proposition.

Exercice 3.5 (Chaise)

➤ *Énoncé*

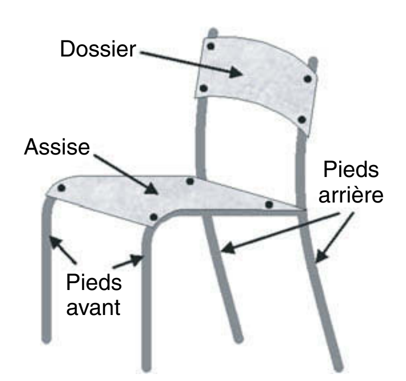
Dans une entreprise de mobilier qui travaille 240 jours par an (fermeture annuelle en août), le coût de passation d'une commande de base est estimé à 36,60 € et le coût de gestion annuel d'un euro de stock est évalué à 20 centimes.

Cette entreprise fabrique, entre autres, des chaises dont un modèle de bas de gamme que nous appellerons C.

Une chaise (C) est constituée de :

- une assise (A) de 40 cm × 30 cm
- un dossier (D) de 40 cm × 25 cm
- une structure en tubes d'acier Y023 proposée en 4 coloris.
- un ensemble quincaillerie (Q : vis, embouts, etc.)

Ce modèle est proposé en 4 coloris (déterminé par la couleur de la structure).



Un extrait du fichier article de cette entreprise montre les informations suivantes concernant les matières premières :

Référence	Désignation	UG	Délai Appro
Y023	Tube	m	Mini : 10 jours Maxi : 14 jours
P	Panneau de contre-plaqué	m^2	5 jours
T	Peinture	kg	Négligeable
Q	Kit quincaillerie	un	Négligeable

Dans un panneau (P) de contre-plaqué de 1,2 m × 0,9 m, l'entreprise découpe un ensemble de 8 pièces (4 assises et 4 dossiers) pour faire des chaises du modèle (C). Les panneaux de contre-plaqué sont achetés par panneau « à dimension » et sont gérés en stock en m^2. Après la découpe, la pièce servant à la fabrication du dossier est cintrée puis usinée (percée, poncée puis vernie). Après la découpe, la pièce servant à la réalisation de l'assise est cintrée puis usinée (percée, poncée puis vernie).

Pour la fabrication de la structure, l'entreprise utilise des tubes de référence Y023 qu'elle achète par barres de 6 mètres avec un délai d'approvisionnement de 10 à 14 jours ouvrés maximum. Elle gère ces tubes en stock en mètres sans stock de sécurité.

Une structure de chaise est composée de 2 pieds avant et 2 pieds arrière. Les pieds, bien que différents, suivent le même processus de réalisation (coupe, cintrage). Ensuite, on soude ensemble un pied avant et un pied arrière pour former une demi-structure qui est ensuite poncée, dégraissée et peinte à la couleur voulue.

La solidité de la chaise est assurée par l'assemblage des différents éléments de la chaise (C).

L'approvisionnement des panneaux de contre-plaqué dure 5 jours ouvrés, la découpe des pièces et leur usinage 1 jour. La durée de réalisation des pieds (séchage de la peinture compris) est estimée à 2 jours et celle de l'assemblage final à 1 jour. La fabrication des assises et des dossiers est faite par multiple de 4. Les tubes, la peinture et la quincaillerie sont gérés hors MRP, sur point de commande. Pour la découpe, on néglige l'épaisseur du trait de coupe de la lame sur le panneau.

Le responsable des approvisionnements désire améliorer la gestion de son parc à tubes. Pour cela il a fait une analyse des quantités consommées de chaque catégorie de tubes sur une année (voir tableau suivant).

Une référence de tube permet d'identifier, grâce à la première lettre, le fournisseur de ce produit. Les 3 chiffres suivants sont attribués au fur et à mesure de l'identification d'un nouveau produit.

Références des tubes	Prix d'achat au mètre (€)	Quantité consommée sur les 12 mois précédents (en mètres)
X012	9,15	160
X042	10,98	220
Y013	10,98	750
Y020	4,12	200
Y023	9,15	3 780
Z015	8,69	300
Z018	2,59	690
Z023	1,98	360

➤ *Travail demandé*

1. Déterminer, en pourcentage de panneau, les pertes (matière non utilisable) lors des découpes des pièces (1 décimale arrondie à la valeur la plus proche).
2. Établir la nomenclature de GPAO de cette chaise :
   2.1. Tracer le graphe de flux de la chaise.
   2.2. Déterminer, s'il y a lieu et avec justification, les produits semi-finis qu'il est intéressant de gérer en stock.
   2.3. Établir le fichier des liens et déterminer les quantités de liens associées

- intégrer dans la quantité des liens concernés, la perte matière s'il y en a.
- Assurez-vous que la réalisation de 4 assises et 4 dossiers utilisent bien un panneau entier (faire les arrondis nécessaires).
- ne pas tenir compte des quantités des liens qui concernent la peinture et le tube Y023.
- Faire les calculs avec 2 décimales pour une unité en mètre et avec 4 décimales pour une unité en m^2.

3. Quelle est l'unité de la période MRP qui doit être prise pour le calcul des besoins nets ?
4. Calculer le cycle de production moyen d'une chaise (ne considérer que les articles gérés en MRP).
5. Définir l'horizon nécessaire au calcul MRP qui permettrait de prendre en compte la totalité des besoins.
6. Faire le calcul des besoins MRP sur la grille MRP ci-jointe sachant que :

- nous sommes le mercredi 14 novembre 2012
- nous devons disposer de 50 chaises le mardi 20 novembre 2012 pour assurer la livraison dans les délais à une grande chaîne de distribution de mobilier
- les tubes, la peinture et la quincaillerie sont gérés hors MRP, sur point de commande,
- il reste 2 panneaux de contre-plaqué en stock (aucun reste en pièces découpées)
- il n'y a aucun en-cours (ni en approvisionnement, ni en fabrication),
- le logiciel ne travaille que sur 5 périodes plus une période « retard ».

7. Donner la structure du code qui est utilisé pour définir la référence des tubes gérés par l'entreprise.
8. L'utilisation du tube Y023 étant relativement régulière, les commandes de ce tube sont passées 18 fois par an par quantités égales et ces tubes sont gérés sans stocks de sécurité.
   8.1. Combien de barres sont commandées à chaque commande ?
   8.2. Calculer la quantité économique d'approvisionnement de ce tube

8.3. Cette politique d'approvisionnement n'est apparemment pas rationnelle et optimale ? Pourquoi ?

8.4. Si vous proposiez une politique d'approvisionnement par point de commande et quantité économique :

8.4.1. Déterminer le point de commande qui correspond au délai d'approvisionnement moyen et qui intègre un stock de sécurité qui permettrait de palier à un délai d'approvisionnement maximum (arrondir à l'entier supérieur).

8.4.2. Calculer l'économie annuelle que vous espérez réaliser avec cette politique d'approvisionnement (sans stock de sécurité).

Exercice 3.6 (Ordonnancement, Kanban, Stock)

➤ *Énoncé*

Une entreprise, vient de négocier un contrat annuel de production de trois produits finis (PF1, PF2 et PF3) avec un très grand donneur d'ordre. Celui-ci, lors de la négociation du contrat, a imposé une livraison des produits finis par containers de 5 pièces en flux tiré en fonction de ses besoins. Toutefois, ce donneur d'ordre estime que sa demande sera relativement régulière tout au long de l'année au rythme moyen de 10 PF1, 15 PF2 et 10 PF3 par jour.

Suite à ce contrat, cette entreprise décide d'organiser une partie de ses postes de travail en unité autonome de production (UAP). Cette unité sera destinée à la production exclusive de ces 3 produits finis décrits selon les informations contenues dans les extraits des fichiers ci-après.

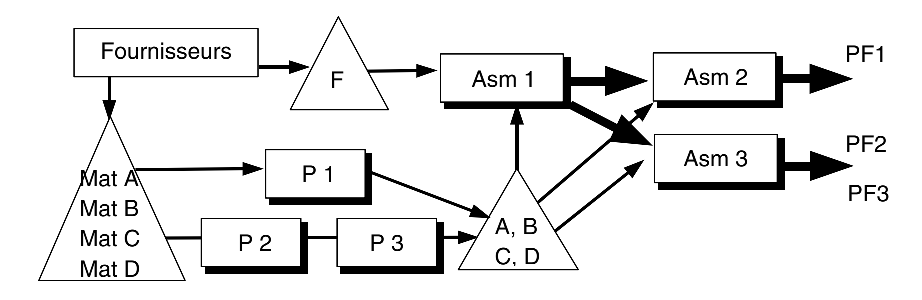
Extrait du fichier des liens

Composé	Composant	Quantité
PF1	A	1
PF1	B	1
PF1	F	1
PF2	A	1
PF2	C	1
PF2	D	1
PF2	F	1
PF3	A	1
PF3	B	1
PF3	C	1
PF3	F	1

Extrait du fichier article

Référence	Désignation	UG	
A	Produit semi-fini A	Unité	…
B	Produit semi-fini B	Unité	…
C	Produit semi-fini C	Unité	…
D	Produit semi-fini D	Unité	…
F	Bâti moulé	Unité	…
Mat A	Matière première pour A	Unité	…
Mat B	Matière première pour B	Unité	…
Mat C	Matière première pour C	Unité	…
Mat D	Matière première pour D	Unité	…

L'unité autonome de production est organisée comme suit :



Sur ce descriptif, nous voyons que cette unité est composée de 3 postes de production (P1, P2, P3) et de 3 postes d'assemblage (Asm1, Asm2, Asm3). Cette unité fonctionne avec une équipe de 5 opérateurs et un responsable d'unité :

- un opérateur par poste P2, P3, Asm2 et Asm3 (soit 4 opérateurs) ;
- un opérateur s'occupant du poste P1 le matin et le poste Asm1 l'après midi ;
- un responsable d'unité qui s'occupe de la gestion de l'unité. Ce responsable remplace, exceptionnellement, un opérateur de poste en cas d'absence prolongée de l'opérateur (entre 1/2 journée à 1 jour). Lorsque l'absence est supérieure à un jour, soit qu'un opérateur d'une autre unité, soit du personnel intérimaire vient remplacer l'opérateur absent.

Pour établir son planning d'atelier, le responsable d'unité a considéré que chaque poste fait l'objet d'un poste de charge. L'entreprise travaille 220 jours par an, 7 heures par jour (de 8 h 15 à 12 h et de 13 h 30 à 16 h 45).

Chaque jour, on peut estimer que 30 minutes sont perdues pour différentes causes (15 minutes le matin et 15 minutes l'après midi). De plus tous les employés prennent 1/2 heure le vendredi soir pour nettoyer leur(s) poste(s) de travail et effectuer différents travaux de maintenance préventive.

L'entreprise travaille avec un progiciel de GPAO fonctionnant suivant la logique MRP. Elle s'est fixé un horizon figé d'une semaine et transmet les informations chaque jeudi aux responsables d'unité afin qu'ils puissent établir leur planning de fabrication le vendredi pour la semaine suivante.

Compte tenu des rebuts habituellement constatés dans la réalisation des pièces, le dernier calcul des besoins suggère de réaliser, dans la semaine à venir, 175 pièces A, 100 pièces B, 125 pièces C et 75 pièces D. Face aux propositions élaborées par le logiciel, le chef d'unité a comme habitude d'établir un OF par suggestion du logiciel.

La fonderie qui fabrique les bâtis livre l'entreprise toutes les 2 semaines. Statistiquement, les défauts de fonderie conduisent à rebuter 10 bâtis par livraison.

Description du processus de réalisation des produits

Tous les temps sont en ch (centi-heure).

Produit Semi-fini A			
Phase	Moyen	T Opér	Description
10	P1	6	
20	P1	4	

Produit Semi-fini B			
Phase	Moyen	T Opér	Description
10	P2	10	
20	P3	13	

Produit Semi-fini C			
Phase	Moyen	T Opér	Description
10	P2	15	
20	P3	6	

Produit Semi-fini D			
Phase	Moyen	T Opér	Description
10	P2	3	
20	P3	9	

Produit fini PF1			
Phase	Moyen	T Opér	Description
10	Asm 1	5	Usinage de F
20	Asm 1	3	Positionnement et ajustage de A
30	Asm 2	25	Assemblage de B
40	Asm 2	10	Réglage des jeux

Produit fini PF2			
Phase	Moyen	T Opér	Description
10	Asm 1	5	Usinage de F
20	Asm 1	3	Positionnement et ajustage de A
30	Asm 3	10	Assemblage de B
40	Asm 3	5	Adaptation de C
50	Asm 3	8	Assemblage de C

Produit fini PF3			
Phase	Moyen	T Opér	Description
10	Asm 1	5	Usinage de F
20	Asm 1	3	Positionnement et ajustage de A
30	Asm 3	5	Adaptation de C
40	Asm 3	8	Assemblage de C
50	Asm 3	12	Montage de D

L'analyse des gammes de fabrication des produits finis nous montre que les 2 premières phases sont identiques pour tous les produits et sont réalisées sur le poste Asm1. En conséquence, l'entreprise décide de mettre en place un système « kanban » de communication entre les postes Asm1, Asm2 et Asm3 et d'identifier le produit réalisé par le poste Asm1 par la référence PI (non géré en stock). Le système doit être dimensionné pour un renouvellement journalier de la production.

De plus, par éclatement des nomenclatures, nous pouvons déterminer les besoins en produits finis à partir de la demande journalière moyenne de produits finis. Pour faciliter les calculs, il est intéressant d'analyser le fichier inverse des liens :

Composant	Composé	Quantité	Besoin	
A	PF1	1	1 × 10 = 10	35
A	PF2	1	1 × 15 = 15	
A	PF3	1	1 × 10 = 10	
B	PF1	1	1 × 10 = 10	20
B	PF3	1	1 × 10 = 10	
C	PF2	1	1 × 15 = 15	25
C	PF3	1	1 × 10 = 10	
D	PF2	1	1 × 15 = 15	15

Le poste P1 est une machine-outil amortie achetée depuis longtemps. Sa valeur d'achat actualisée à ce jour est de 40 000 €. Les frais annuels d'entretien et d'exploitation représentent en moyenne 20 % de la valeur d'achat réactualisée. La masse salariale imputable (opérateur et part maîtrise) à cette machine est estimée à 16 000 € par an.

Nota : *Pour des raisons de simplification, nous considérerons que toutes les semaines sont composées de 5 jours ouvrés.*

➤ *Travail demandé*

1. Approvisionnement des bâtis :
   1.1. Déterminer le flux journalier moyen des bâtis moulés nécessaires à la demande.
   1.2. Déterminer la quantité de bâtis que la fonderie doit livrer à l'entreprise chaque quinzaine.
   1.3. Déterminer le taux de rebut (en % arrondi à 1 décimale) que doit prendre l'entreprise pour tenir compte des défauts de fonderie.
2. Flux de production :
   2.1. Déterminer le flux journalier moyen de PI entre Asm1 et Asm2.
   2.2. Déterminer le flux journalier moyen de PI entre Asm1 et Asm3.
   2.3. Déterminer la taille du container de transport de la pièce PI. En déduire le nombre de Kanbans à mettre en circulation pour cette pièce (Expliquez votre raisonnement)

3. Analyse des postes de charge (Présenter les résultats sous forme de tableau de synthèse)
   3.1. Taux de disponibilité de chaque poste de charge
      3.1.1. Déterminer les capacités hebdomadaires théorique et réelle de chaque poste de charge
      3.1.2. En déduire le taux de disponibilité de chaque poste de charge (en % arrondi à 2 décimales)
   3.2. Analyse des charges hebdomadaires de chaque poste de charge
      3.2.1. Déterminer les charges prévisionnelles de chaque poste de charge
      3.2.2. En déduire le taux de charge de chaque poste de charge (en % arrondi à 2 décimales)
      3.2.3. Qu'en concluez-vous ?
4. Planning d'atelier de l'unité ; nous remarquons que les produits semi-finis B, C et D sont réalisés uniquement sur les postes de production P2 et P3 :
   4.1. Quel critère d'ordonnancement et type de jalonnement le chef d'unité doit-il appliquer pour réaliser son planning d'atelier ? Pourquoi ?
   4.2. Effectuer le planning prévisionnel d'utilisation des postes P2 et P3 selon la technique que vous préconisez.
   4.3. Qu'en concluez-vous ? Pourquoi la situation que vous analysez ne pose-t-elle pas de problème à l'entreprise ?
5. Quelle est la machine de cette unité de fabrication qui risque de poser des problèmes ? Pourquoi ?
6. Sachant que l'on peut estimer à 8 000 la demande annuelle de pièces A et que le coût d'une unité d'œuvre d'un poste est égal au rapport entre la somme des charges affectables à ce poste et la production prévisionnelle « vendable » :

   Déterminer le coût horaire du poste P1 sur la moyenne de production estimée.

   En déduire le coût de Main-d'œuvre pour la réalisation d'UNE pièce A

Exercice 3.7 (Ordonnancement, Kanban)

➤ *Énoncé*

Une entreprise, vient de négocier un contrat annuel de production de trois produits finis (PF1, PF2 et PF3) avec un très grand donneur d'ordre. Celui-ci estime que sa demande sera relativement régulière tout au long de l'année au rythme moyen de 200 PF1, 300 PF2 et 150 PF3 par semaine.

Ces produits sont réalisés sur 2 postes de charges M1 et M2 conformément aux gammes d'obtention suivantes *(les temps sont exprimés en ch : centi-heures)* :

Produit PF1				
Phase	Moyen	Temps		Description
		Prep	Unit	
10	M1	100	4	
20	M2	0	7	

Produit PF2				
Phase	Moyen	Temps		Description
		Prep	Unit	
10	M1	0	5	
20	M2	0	2	

Produit PF3				
Phase	Moyen	Temps		Description
		Prep	Unit	
10	M1	0	2	
20	M2	0	6	

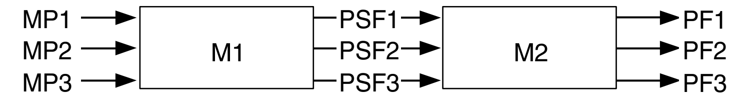
L'entreprise travaille 220 jours par an, 7 heures par jour (de 8 h 15 à 12 h et de 13 h 30 à 16 h 45).

Chaque jour, on peut estimer que 30 minutes sont perdues pour différentes causes (15 minutes le matin et 15 minutes l'après midi). De plus tous les employés prennent 1/2 heure chaque fin de semaine pour nettoyer leur(s) poste(s) de travail et effectuer différents travaux de maintenance préventive.

L'entreprise travaille avec un progiciel de GPAO fonctionnant suivant la logique MRP. Elle s'est fixé un horizon figé d'une semaine et transmet les informations chaque jeudi aux responsables d'unité afin qu'ils puissent établir leur planning de fabrication le vendredi pour la semaine suivante.

Fonctionnement en flux poussé

Suite à ce contrat, cette entreprise décide d'organiser les deux postes de travail concernés en unité autonome de production (UAP) exclusivement dédiées à la production de ces 3 produits finis et organisée de la manière suivante :



(Légende : MP : Matière première, PSF : Produit semi-fini, PF : Produit fini)

Pour établir son planning d'atelier, le responsable d'unité a considéré que chaque poste fait l'objet d'un poste de charge.

Fonctionnement en flux tiré

Au bout de quelques semaines de fonctionnement, le donneur d'ordre souhaite fonctionner en flux tiré suivant la méthode kanban et demande à ce que les produits lui soient livrés conditionnés par 10. L'entreprise est donc conduite à revoir le mode de pilotage de cette unité de production et la réorganise en vue d'assurer un renouvellement journalier du flux.

Malgré cette contrainte de flux tiré, l'entreprise souhaite tout de même lancer en fabrication le produit PSF1 par quantité économique. Actuellement, le coût de lancement en fabrication est estimé à 50 €, le taux de possession à 25 % pour un coût unitaire de ce produit estimé à 2 200 €.

Nota : *Pour des raisons de simplification, nous considérerons que toutes les semaines sont composées de 5 jours ouvrés.*

➤ *Travail demandé*

Fonctionnement en flux poussé

1. Analyse des postes de charge (présenter les résultats sous forme de tableau de synthèse)
   1.1. Taux de disponibilité de chaque poste de charge (en % arrondi à 2 décimales)
   1.2. Analyse des charges hebdomadaires de chaque poste de charge
      1.2.1. Déterminer les charges prévisionnelles de chaque poste de charge
      1.2.2. En déduire le taux de charge de chaque poste de charge (en % arrondi à 2 décimales)
      1.2.3. Qu'en concluez-vous ?
2. Planning d'atelier de cette UAP :
   2.1. Quel critère d'ordonnancement et type de jalonnement le chef d'unité doit-il appliquer pour réaliser son planning d'atelier ? Pourquoi ?

2.2. Effectuer le planning prévisionnel d'utilisation des postes M1 et M2 selon la technique que vous préconisez.

2.3. Que constatez-vous ? Pourquoi la situation que vous analysez ne pose-t-elle pas de problème à l'entreprise ?

Fonctionnement en flux tiré

3. Déterminer le flux journalier de chaque produit fini.
4. Déterminer le TOP du poste M1
5. Ne jugeant pas acceptables les conditions de lancement en fabrication du produit PSF1 sur ce poste M1, l'entreprise souhaite effectuer une démarche SMED. Souhaitant, dans un premier temps, que la quantité économique soit égale à 20 :

   5.1. Quelle doit être la valeur du coût de lancement pour atteindre cet objectif ?

   5.2. Que deviendrait le TOP précédent dans ces nouvelles conditions.

Exercice 3.8 (Kanban, OPT)

➤ *Énoncé*

Le sous-ensemble SF1 passe successivement sur les 3 postes de travail M1, M2 et M3 reliés entre eux par un système de manutention permettant de transporter un nombre quelconque de pièces d'un poste à l'autre en 15 minutes et nécessite 5 minutes en retour.

Les sous-ensembles SF2, SF3 et SF4 sont réalisés conformément aux gammes suivantes :

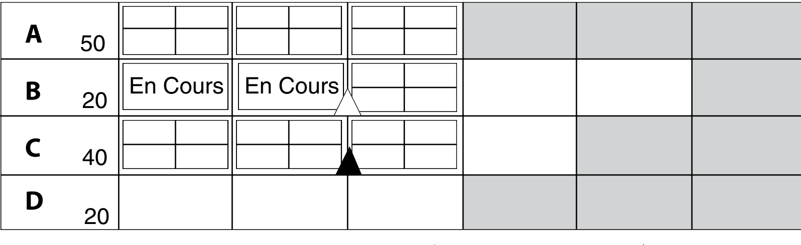
SF2			
Phase	Moyen	Temps (s) Prep	Temps (s) Oper
10	E1	0	55
20	E2	0	35

SF3			
Phase	Moyen	Temps (s) Prep	Temps (s) Oper
10	E1	0	30
20	E2	0	28

SF4			
Phase	Moyen	Temps (s) Prep	Temps (s) Oper
10	E1	0	25
20	E2	0	60

Les postes E1 et E2 sont reliés entre eux par un système de manutention de même type que celui qui relie les postes M1, M2 et M3.

Au moment de l'étude le TOP du poste ASM a la configuration suivante :



Chaque mise en fabrication des produits A, C ou D demande 10 minutes de réglage alors que la mise en fabrication du produit B demande 30 minutes. Chaque pièce, quel que soit son type, demande un temps opératoire de 30 secondes.

L'entreprise travaille 7 heures par jour et on peut estimer les arrêts, pour causes diverses, à 1/2 heure par jour.

Remarque : *Lorsque cela est nécessaire et pour éviter des erreurs d'arrondi, il est préférable de faire les calculs concernant le temps en secondes et donner ensuite les résultats en heures, minutes et secondes.*

➤ *Travail demandé*

Analyse de la production de SF1

1. Souhaitant optimiser ses lancements en fabrication, l'entreprise envisage de revoir la taille du lot de fabrication. Un conseil en gestion de production lui suggère de lancer ses fabrications par lot dont la quantité est définie comme suit :

- La quantité de lancement d'une ligne de fabrication est égale à la valeur maximum des quantités optimales de lancement par poste.
- La quantité optimale de lancement par poste est définie de telle sorte que le temps opératoire du lot soit égal au temps de réglage de la machine.

Quelle devrait être la taille des lots de fabrication de la ligne de production M1, M2, M3 ? (Donner le détail de votre raisonnement en vous appuyant sur des arguments chiffrés.)

2. Sachant que :

- le lot de fabrication est de 400 pièces,
- le lot de transfert est égal au lot de fabrication,
- l'opérateur règle son poste de travail à la réception de l'OF,

Quelle est la durée, en heures et minutes, de fabrication d'un OF ? (Donner le détail de vos calculs)

3. Pour optimiser son outil de manutention, l'entreprise insiste pour transmettre la totalité d'un lot de fabrication (400 pièces) à chaque fois.
   3.1. Que pourrait-on déjà lui conseiller pour diminuer la durée totale de fabrication sans investissement supplémentaire ?
   3.2. Quel gain de temps votre suggestion permet-elle d'obtenir sur la durée de fabrication d'un lot ?
4. Compte tenu de la demande régulière du produit SF1 et de son utilisation dans d'autres produits finis, l'entreprise décide de dédier définitivement cette chaîne (M1, M2 et M3) à la réalisation de ce produit :
   4.1. Quelle est la machine goulot de cette chaîne ? Pourquoi ?
   4.2. Déterminer la cadence journalière maximum de réalisation de la pièce SF1 de cette chaîne en commentant votre raisonnement.
   4.3. Déterminer la période de sortie des containers si les pièces SF1 sont conditionnées par containers de 100.
   4.4. Déterminer le taux de charge journalier de chaque poste lorsque la chaîne fabrique à cadence maximum.
   4.5. Que se passerait-il si l'entreprise faisait travailler chaque poste de cette chaîne à cadence maximum en flux poussé ? Quels conseils donneriez-vous pour éviter l'inconvénient que vous venez d'évoquer ?

Analyse de la production de SF2, SF3 et SF4

Sachant que chaque jour, on lance en fabrication de quoi faire 100 produits B et que le reste du temps (environ 2 heures sur chaque poste) on fabrique un tout autre produit qui entre dans la réalisation d'un autre produit fini.

5. Déterminer la taille des lots de fabrication des OF journalier des produits SF2, SF3 et SF4.
6. Quelle méthode d'ordonnancement préconisez-vous pour minimiser les délais de réalisation des produits SF2, SF3 et SF4 ? Justifiez votre choix.
7. Appliquez la méthode que vous préconisez pour déterminer l'ordre de réalisation des produits SF2, SF3 et SF4.

Analyse de la production du poste ASM

8. Quel est le flux journalier théorique de chaque produit fabriqué par ce poste ?
9. Quel produit est en cours de fabrication sur ce poste ? Combien en fabrique-t-on en ce moment ?
10. Combien y a-t-il de produits de chaque type, en ce moment, en aval de ce poste ?
11. Déterminer la durée de fabrication d'un lot de fabrication de chaque type de pièce fabriqué par ce poste.
12. Quel produit devra-t-on fabriquer à la fin de la réalisation du lot en cours ?
    - 12.1. Quels sont les produits qui pourraient être fabriqués à la fin de la réalisation du lot en cours ?
    - 12.2. Quel produit décidez-vous de fabriquer à la fin de la réalisation du lot en cours ? Pourquoi ?

Exercice 3.9 (Initialisation et calcul MRP)

➤ *Énoncé*

Une entreprise fabrique régulièrement un produit A dans ses ateliers. La demande de ce produit, très caractéristique sur le marché, possède une demande périodique de période égale à deux mois qui s'établit comme suit :

Sem	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Prévision	...	30	70	30	40	60	100	120	30	30	70	30	40	60	...
Réalisation	32	31	67												
	Période i -1			Période i								Période i +1			

Une analyse d'une partie des données techniques d'une entreprise nous fournit les résultats suivants :

- GPAO

L'entreprise est équipée d'un progiciel de GPAO fonctionnant suivant la logique MRP. L'unité de planification MRP est fixée à la semaine et l'horizon de calcul ne comporte que 8 périodes.

- Fichier article/stock

Extrait du fichier article et des stocks correspondant à l'étude :

Article	A	B	C	D	E	Profilé	Tôle	Barreau d'acier
Unité Gestion	Un	Un	Un	Un	Un	Mètre	?	?
Quantité fin S12	1	15	50	300	20	12	?	0
Délai (Sem)	3	?	?	?	?	2	2	?
Lot tech 1	5	?	1	?	1	?	?	?
Borne	40	?	1	?	1	?	?	?
Lot tech 2	1	?	1	?	1	?	?	?
Qté minimum	50	1	?	1	?	?	?	?
Stock de sécurité	5	?	0	0	0	0	0	0

- Liens de nomenclature

Extrait du fichier des liens de nomenclature correspondant à l'étude :

Composé	A	A	A	A	C	D	E
Composant	B	C	D	E	Profilé	Tôle	Barreau
Quantité	1	2	2	1	?	?	?

- Gammes de fabrication

Produit C			
Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)
10	M1	1,0	3
20	M2	0,5	2
30	M3	2,0	5

Produit E			
Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)
10	M4	2	25
20	M5	?	?
30	M6	1	25

Une étude détaillée de la phase 20 de la gamme de fabrication du produit E nous fournit les informations suivantes :

	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10
Tt (ch)				3		8				
Ttm (ch)			4		6		4			
Tm (ch)		7						8		
Tz (ch)										5
Ts (ch)	35								15	

(Les temps sont en centi-heures (1 ch = 1/100 d'heure)).

- Données de gestion
  - La capacité journalière réelle des postes de travail peut être estimée à 7 heures et il y a 5 jours par semaine.
  - Le produit B n'étant utilisé que pour la réalisation du produit A, l'entreprise souhaite passer une commande annuelle à son fournisseur prévoyant une livraison hebdomadaire correspond à la moyenne de la demande hebdomadaire prévisionnelle. Si l'entreprise a besoin de pièces B supplémentaires, le fournisseur s'est engagé à livrer les quantités exactes demandées dans un délai d'une semaine. Toutefois, l'entreprise veut prendre le minimum de risques et envisage d'avoir un stock de sécurité correspondant au dixième de la demande moyenne sur la période d'étude.
  - Le produit C, de 234 mm de longueur, est réalisé à partir d'un profilé d'aluminium anodisé acheté par barre de 6 mètres. De plus, une analyse nous a montré que la fabrication des pièces C se fait par quantité proche de 200.
  - La pièce D est réalisée par emboutissage d'une tôle spécialement approvisionnée pour cette fabrication. Afin de diminuer au maximum les chutes de tôle, celle-ci est préalablement débitée dès son approvisionnement en 6 morceaux carrés et la matrice d'emboutissage permet de réaliser 4 pièces en même temps dans un morceau. La presse à emboutir étant beaucoup sollicitée, le délai moyen de réalisation des pièces D, quelle que soit la

quantité, peut être estimé à 8 jours ouvrés. De plus, on note qu'en fin de semaine 12 nous avons 3 tôles complètes en stock.

– Le produit E est usiné à partir d'un barreau d'acier de section 40 × 60 × 200 mm approvisionné, dans la demi-journée, à la bonne dimension chez un fournisseur se trouvant dans la même zone industrielle qui le facture à l'entreprise en kilogrammes (rappel de la densité de l'acier = 7,8). De même que pour le produit C, une analyse nous a montré que la fabrication des pièces E se fait par quantité proche de 60.

– La somme du temps de lancement en fabrication et de sortie des pièces du magasin pour l'exécution d'un produit fabriqué ainsi que le temps d'entrée des pièces finies en magasin est estimé statistiquement à une demi-journée. Le lancement en fabrication de ce produit se fait à la gamme et on peut estimer à 2 heures le temps interopératoire.

– Pour la fabrication des produits C et E, nous souhaitons minimiser les effets du temps de réglage par rapport au temps de fabrication. Pour cela, le temps série de ne doit pas être supérieur au quart du temps opératoire.

– Les ordres déjà lancés en fabrication sont les suivants :

n° OF	Code produit	Date de fin	Quantité
OF294	A	S13	70
OF302	A	S14	70
OF303	D	S13	40
OF305	A	S15	70
OF308	C	S13	150
OF309	E	S13	90
OF310	E	S14	70

– Les ordres d'approvisionnement déjà lancés sont les suivants :

n° OA	Code produit	Date de fin	Quantité
OA9647	Tôle	S13	6 Tôles
OA9652	Profilé	S13	10 barres

➤ *Travail demandé*

1. Recherche des informations manquantes de la gamme du produit E.
   1.1. Dessiner le simogramme correspondant à la phase 20 de la gamme de fabrication de ce produit E.
   1.2. Compléter les informations manquantes dans la gamme de fabrication du produit E.
   1.3. Déterminer les taux d'utilisation Main-d'œuvre et machine de cette phase 20.
2. Déterminer le calendrier des suggestions de fabrication et d'approvisionnement qui correspond aux prévisions de ventes du produit A.
3. Donner vos commentaires :
   3.1. sur le calcul du délai d'obtention du produit C dans le calcul des besoins ;
   3.2. sur les UA et UG de chaque produit acheté ;
   3.3. sur l'évolution du stock de B.

Exercice 3-10 (Liaison MRP – Planning d'atelier)

Remarque : *Cette étude de cas est structurée en 3 parties qui s'enchaînent.*

Énoncé (1re partie)

Une entreprise de mécanique fabrique un certain nombre de produits propres qu'elle réalise sur prévision et utilise, pour cette gestion, un progiciel de GPAO de type MRP. De plus, comme ce type de production ne suffisant pas à avoir une pleine charge, elle réalise plusieurs produits en sous-traitance pour plusieurs donneurs d'ordres de son entourage qu'elle ne gère pas avec le logiciel de GPAO.

Dans la base de données techniques du progiciel de GPAO, le responsable de la Gestion de Production a initialisé les nomenclatures suivantes (tous les produits sont gérés à l'unité – les produits référencés Pxx sont des produits fabriqués alors que ceux référencés Mxx sont des produits achetés) :

Composé	Composant	Quantité
P01	M01	1
P01	M03	1
P01	M04	2
P02	M02	2
P02	M03	1
P02	M04	2
P03	P02	1
P03	P05	1
P03	P06	1
P04	P02	1
P04	P09	20
P05	M02	1
P05	M03	1

Composé	Composant	Quantité
P06	M02	1
P06	M04	2
P06	M05	1
P07	P03	2
P07	P11	1
P08	P05	2
P08	P06	3
P09	M01	1
P10	M02	2
P10	M04	1
P10	M05	1
P11	P01	3
P11	P10	2

et les délais d'obtention de ces produits comme suit :

Produit	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11
Délai (s)	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1

Ces produits sont réalisés conformément aux gammes de fabrication suivantes (pour les temps en centi-heures (1 ch = 1/100 d'heure)) :

Produit P01			
Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)
10	M1	1	10
20	M2	0,6	8
30	M5	0,7	11
40	M6	1	10
50	M3	0	10

Produit P02			
Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)
10	M5	0	20
20	M2	0,9	7
30	M5	0,5	5
40	M2	0,4	12

Produit P05			
Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)
10	M2	0,8	8
20	M5	1	10
30	M2	0,4	9
40	M6	1	10
50	M3	1	5

Produit P06			
Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)
10	M2	0,5	5
20	M1	0,5	9
30	M4	0	14
40	M3	1	8
50	M6	0,5	9
60	M3	0,5	7

Produit P09			
Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)
10	M1	0	3
20	M2	0	2
30	M4	1	6

Produit P10			
Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)
10	M5	1	20
20	M1	0	20
30	M4	1	30
40	M3	0	15

- Les moyens M1 à M6 sont regroupés dans 2 ateliers indépendants séparés de 500 mètres. Dans l'atelier A1, sont implantés les moyens M1, M2 et M5 alors que dans l'atelier A2 sont implantés les moyens M3, M4 et M6.
- Le lancement et le suivi de fabrication se font « à l'OF ».
- Les contraintes d'implantation et le mode de communication dans les ateliers nous conduisent à prévoir un temps interopératoire dans l'atelier A1 ou A2 de 1 heure alors que le temps interopératoire entre les deux ateliers peut être estimé à 3 heures.
- L'entreprise travaille 39 heures par semaines :
- 8 heures les Lundi, Mardi, Mercredi et Jeudi
- 7 heures le Vendredi.
- Les différents travaux administratifs et de nettoyage, ainsi que les pauses autorisées dans l'atelier, correspondent statistiquement à une moyenne de 30 minutes le matin et 30 minutes l'après-midi.
- Les calculs de besoins, pour la fabrication des produits propres, sont effectués grâce au logiciel de GPAO tous les quinze jours (le mercredi afin d'avoir le temps d'établir le planning d'atelier). Le dernier calcul nous fournit, pour les deux semaines à venir, les suggestions de fabrication suivantes :

Semaine 2000-16	30 P01	30 P02	40 P05	50 P06	100 P09	20 P10
Semaine 2000-17	50 P01	30 P02	20 P05	20 P06		40 P10

Parallèlement à ces prévisions, l'entreprise a accepté plusieurs commandes à réaliser en sous-traitance :

- Pour un client C1, 2 commandes à terminer pour le vendredi 21 avril 2000 (la matière est fournie par le client, elle est livrée à l'entreprise le jeudi 13 avril 2000) :

Commande X1		
Phase	Moyen	Temps (h)
10	M1	2
20	M5	2
30	M2	4
40	M5	3
50	M1	3

Commande X2		
Phase	Moyen	Temps (h)
10	M3	3
20	M6	4
30	M3	4
40	M6	2

- Pour un client C2, la commande X3 à terminer pour le vendredi 21 avril 2000 et la commande X4 à terminer pour le vendredi 28 avril 2000 (la matière est fournie par le client, elle est livrée à l'entreprise le mardi 18 avril 2000) :

Commande X3		
Phase	Moyen	Temps (h)
10	M1	1
20	M5	2
30	M2	2

Commande X4		
Phase	Moyen	Temps (h)
10	M2	6
20	M1	3

- Pour un client C3, la commande X5 à terminer pour le vendredi 28 avril 2000 et la commande X6 à terminer pour le vendredi 21 avril 2000 (la matière est fournie par le client, elle est livrée à l'entreprise le lundi 17 avril 2000, le matin dès l'embauche) :

Commande X5		
Phase	Moyen	Temps (h)
10	M6	4
20	M3	4
30	M6	6

Commande X6		
Phase	Moyen	Temps (h)
10	M6	3
20	M3	3

De plus, nous savons que :

- Nous devons planifier une journée entière, dans la semaine 2000-16, pour effectuer la maintenance du poste M1. Le choix du jour est à votre liberté mais il faut prévenir le fournisseur au moins deux jours ouvrables avant.
- pour la semaine 2000-16, des fabrications, qu'il est impossible de déplacer, sont déjà positionnées dans le planning d'atelier et correspondent à la répartition des charges suivante :

Moyens	**Semaine 2000-16**		
	Lundi	**Mardi**	**Mercredi**
M1			
M2			
M3	3,00 h	4,00 h	3,00 h
M4	4,00 h		
M5			
M6	3,00 h	5,00 h	

- le responsable d'atelier décide de faire un OF par suggestion de fabrication proposée par le logiciel de GPAO et par commande de sous-traitance.

Avril 2000

		S 14							S 15							S 16							S 17						
S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Mai 2000

S 18							S 19							S 20							S 21							S 22		
L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

a) Travail demandé (1re partie)

1. Fonctionnement du logiciel de GPAO
   1.1. Quelle est l'unité de temps utilisée dans le logiciel de GPAO ? Pourquoi ?
   1.2. Durée de l'horizon figé dans cette entreprise ? Pourquoi ?
2. Analyse des charges
   2.1. Calculer le détail des charges correspondant à la suggestion de fabrication des produits P01.
   2.2. Calculer les différents taux hebdomadaires (charges, utilisation et disponibilité) de chaque poste de charge et de chaque atelier. Apporter vos commentaires.
3. Vous devrez établir le planning d'atelier de cette entreprise sur le planning à gouttière qui vous est présenté :
   3.1. Quelle échelle de temps prendrez-vous pour élaborer votre planning ? Pourquoi ?
   3.2. Quelle technique d'ordonnancement utiliserez-vous pour placer vos fabrications dans le planning afin de tenir vos engagements vis-à-vis de la GPAO ? Pourquoi ? (ne pas effectuer les calculs)

Énoncé (2e partie)

Les fabrications déjà positionnées dans le planning d'atelier pour la semaine 2000-16 correspondent aux fiches suiveuses suivantes :

Fiche suiveuse – OF : 0015-03

Produit : Y02 — Délai : 1,5 sem — Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : — Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : — Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M1			3			2,9	
20	M2			2			2	
30	M3			4				
40	M4			4				
50	M6			6				
60	M3			3				
Total prévu :				21	Total passé :		4,9	

Fiche suiveuse – OF : 0015-05

Produit : Y05 — Délai : 1 sem — Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : — Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : — Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M2			8			8,2	
20	M6			3				
30	M3			6				
Total prévu :				17	Total passé :		8,2	

et à la répartition suivante :

Lundi Mardi Mercredi
M3
M4
M6

En analysant les gammes de fabrication des produits, nous remarquons que le processus de réalisation de tous les produits débute dans l'atelier A1 puis se poursuit dans l'atelier A2. Le processus n'est pas séquentiel sur les moyens de production mais l'est sur les ateliers.

Conformément à la devise d'OPT « la somme des optimums locaux n'est pas égal à l'optimum global », nous chercherons à optimiser l'utilisation des ateliers plutôt que l'utilisation des moyens. En conséquence, nous planifierons en appliquant l'algorithme de Johnson sur les cycles de fabrication des produits dans les ateliers (prise en compte des temps interopératoires intra-atelier mais pas inter-atelier).

Dans ce cas, nous placerons les fabrications au plus tôt.

Les temps de fabrication étant différents d'une semaine à l'autre, il est nécessaire de déterminer l'ordre des fabrications pour chaque semaine. De plus, il ne faut pas appliquer Johnson sur toutes les fabrications, ici, il est préférable :

- d'appliquer Johnson sur les fabrications passant dans les 2 ateliers de délai d'obtention d'1 semaine,
- d'appliquer Johnson sur les fabrications passant dans les 2 ateliers de délai d'obtention de 2 semaines,
- de placer les fabrications qui ne passent que dans un atelier dans l'ordre décroissant du temps.

b) Travail demandé (2e partie)

1. Établir le planning de fabrication au plus tôt aux OF à planifier. Justifier l'ordre de prise en compte des fabrications pour l'établissement de votre planning.
2. Tenez-vous les engagements de livraison pris par l'entreprise ?
3. À quelle date doit se dérouler la maintenance préventive du moyen M1 ?
4. Ne pouvant agir, actuellement, sur le résultat du calcul MRP qui vient de vous être fourni, faites vos commentaires sur les délais d'obtention initialisés dans le progiciel de GPAO. Que devez-vous faire, en mettant en évidence les conséquences de votre solution, pour les résoudre dans l'avenir dès le calcul MRP ?

Énoncé (3e partie)

Le dernier planning établi le jeudi 13 avril 2000 conformément aux 2 premières parties (voir la partie solution de l'ouvrage). Durant la semaine 2000-16, les opérateurs se sont appliqués à suivre le planning prévisionnel. Toutefois plusieurs événements se sont passés :

- Pour l'OF 0015-03, le client étant pressé, cet OF a été livré sans réalisation de la dernière phase (celle-ci étant réalisée par le client lui-même). Compte tenu de cette disponibilité imprévue, l'opérateur en a profité pour suivre une formation à la méthode des S organisée par l'entreprise chaque Mercredi matin.
- Pour l'OF 0016-01, la matière n'était pas disponible à temps au poste pour la phase 20 et l'opérateur a été obligé de la chercher au magasin.
- Pour l'OF 0016-02, lors de l'exécution de la phase 40, il y a eu un problème d'embrayage sur la machine. L'opérateur a dû effectuer une réparation de fortune qui lui a fait perdre du temps. Le service maintenance ayant été averti a remis la machine en conformité la nuit pour qu'elle soit opérationnelle dès le vendredi 21/04/2000 au matin.
- Pour l'OF 0016-03, une erreur de manipulation lors de la réalisation de la phase 50 a conduit l'opérateur à reprendre la cote finale de la pièce.
- Pour l'OF 0016-04, la matière qui devait être disponible le lundi 17/04/2000 au matin pour démarrer la fabrication n'a été disponible qu'en fin de journée.
- La phase 30 de l'OF 0016-04 n'a pu démarrer au plus tôt car il y a eu des problèmes de manutention entre les deux ateliers.
- Lors de l'exécution de la phase 30 de l'OF 0016-06, un outil, déjà usagé, s'est cassé entraînant un retard d'une heure pour changer l'outil et reprendre les anomalies générées lors de la casse.
- Le mercredi 19/04/2000, des lycéens sont venus avec leur professeur de technologie en visite dans l'entreprise afin de voir le fonctionnement du poste M3.
- Pour l'OF 0016-09, la matière qui devait être fournie par le client le mardi 18/04/2000 au matin n'est arrivée que le mercredi 19/04/2000 à 17 heures. De ce fait, la machine étant en maintenance le jeudi, l'opérateur a anticipé les réglages qu'il devait faire et a commencé sa journée du vendredi par cette fabrication. Le chef d'équipe a suivi plus particulièrement cette fabrication pour être sûr de la terminer tout de même le vendredi soir. L'opérateur du poste M2 a tout de même été obligé de faire 12 minutes de travail après l'heure de la débauche.
- Lors de l'exécution de la phase 10 de l'OF 0016-10, l'opérateur émet de réserve sur la qualité de la matière employée. Le service contrôle qualité se penche sur le problème pour se rendre compte que les doutes n'étaient pas fondés. La matière est indisponible le mardi 18/04 toute la matinée.
- La matière étant disponible plus tôt que prévu, il a été possible de démarrer l'OF 0017-05 dès le vendredi 21/04/2000.

1er type de suivi (suivi par fiches suiveuses)

Le suivi de fabrication se fait grâce à des fiches suiveuses qui accompagnent les OF au cours de leur réalisation. Les opérateurs notent sur ces fiches, en s'identifiant (matricule de l'opérateur) et après chaque réalisation de phase, le nombre de pièces bonnes réalisées (lorsque cette information est mentionnée), les date de début et de fin de fabrication ainsi que temps passé. Si le

temps passé possède un écart supérieur à ± 5 %, l'opérateur doit justifier cet écart en précisant la cause de cet écart (ces causes sont prédéfinies suivant le tableau ci-après).

A1	Mauvais approvisionnement	P2	Anticipation de préparation
A2	Retard d'approvisionnement	Q1	Problème de qualité
A3	Pièces non disponibles au poste	Q2	Reprise de fabrication
F1	Problème de machine	V	Visiteurs
F2	Outil cassé	Z	Autre (à préciser sur fiche)
P1	Outillage non disponible		

Le relevé de ces fiches suiveuses, le mardi 25 avril 2000 nous donne la situation suivante :

Fiche suiveuse – OF : 0015-03

Produit : Y02 — Délai : 1,5 sem — Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : — Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : — Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M1			3			2,9	
20	M2			2			2	
30	M3			4			4,1	
40	M4			4			4,2	
50	M6			6			4,9	
60	M3			3				
Total prévu :				21	Total passé :		18,1	

Fiche suiveuse – OF : 0015-05

Produit : Y05 — Délai : 1 sem — Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : — Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : — Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M6			8			8,2	
20	M6			3			3	
30	M3			6			5,9	
Total prévu :				17	Total passé :		17,1	

Fiche suiveuse – OF : 0016-01

Produit : P01 — Délai : 1 sem — Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : 30 — Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : 30 — Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M1	1	10	4			4,1	
20	M2	0,6	8	3			3,3	A3
30	M5	0,7	11	4			4	
40	M6	1	10	4			3,9	
50	M3	0	10	3			2,9	
Total prévu :				18	Total passé :		18,2	

Fiche suiveuse – OF : 0016-02

Produit : P02 — Délai : 1 sem — Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : 30 — Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : 30 — Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M5	0	20	6			6	
20	M2	0,9	7	3			2,9	
30	M5	0,5	5	2			2	
40	M2	0,4	12	4			4,8	F1
Total prévu :				15	Total passé :		15,7	

Fiche suiveuse – OF : 0016-03

Produit : P05 — Délai : 1 sem — Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : 40 — Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : 40 — Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M2	0,8	8	4			4	
20	M5	1	10	5			4,8	
30	M2	0,4	9	4			4	
40	M6	1	10	5			5,1	
50	M3	1	5	3			3,5	Q2
Total prévu :				21	Total passé :		21,4	

Fiche suiveuse – OF : 0016-04

Produit : P06 — Délai : 2 sem — Date livraison prévue : 00-119
Lot fabrication : 50 — Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : 50 — Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M2	0,5	5	3			3,5	A2, A3
20	M1	0,5	9	5			5	
30	M4	0	14	7			6,9	
40	M3	1	8	5				
50	M6	0,5	9	5				
60	M3	0,5	7	4				
Total prévu :				29	Total passé :			

Fiche suiveuse – OF : 0016-05

Produit : P09 — Délai : 1 sem — Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : 100 — Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : 100 — Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M1	0	3	3			3	
20	M2	0	2	2			2,1	
30	M4	1	6	7			6,8	
Total prévu :				12	Total passé :		11,9	

Fiche suiveuse – OF : 0016-06

Produit : P10 Délai : 1 sem Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : 20 Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : 20 Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M5	1	20	5			4,8	
20	M1	0	20	4			4,1	
30	M4	1	30	7			8	F2
40	M3	0	15	3			2,8	
Total prévu :				19	Total passé :		19,7	

Fiche suiveuse – OF : 0016-07

Produit : X01 Délai : 1 sem Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M1			2			2	
20	M5			2			2	
30	M2			4			4	
40	M5			3			3	
50	M1			3			3	
Total prévu :				14	Total passé :		14	

Fiche suiveuse – OF : 0016-08

Produit : X02 Délai : 1 sem Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M3			3			3	
20	M6			4			4,1	
30	M3			4			4,3	V
40	M6			2			2	
Total prévu :				13	Total passé :		13,4	

Fiche suiveuse – OF : 0016-09

Produit : X03 Délai : 3 jours Date livraison prévue : 00-112
Lot fabrication : Date début fabrication :
Nombre de pièces bonnes : Date fin fabrication :

Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M1			1			0,8	P2, A2
20	M5			2			2	
30	M2			2			1,9	
Total prévu :				5	Total passé :		4,7	

Fiche suiveuse – OF : 0016-10								
Produit : X05			Délai : 1 sem		Date livraison prévue : 00-112			
Lot fabrication :					Date début fabrication :			
Nombre de pièces bonnes :					Date fin fabrication :			
Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M6			3			3,1	
20	M3			3			3,1	
Total prévu :				6	Total passé :		6,2	

Fiche suiveuse – OF : 0016-11								
Produit : X06			Délai : 2 sem		Date livraison prévue : 00-119			
Lot fabrication :					Date début fabrication :			
Nombre de pièces bonnes :					Date fin fabrication :			
Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M6			4				
20	M3			4				
30	M6			6				
Total prévu :				14	Total passé :			

Fiche suiveuse – OF : 0017-05								
Produit : P10			Délai : 1 sem		Date livraison prévue : 00-119			
Lot fabrication : 40					Date début fabrication :			
Nombre de pièces bonnes :					Date fin fabrication :			
Phase	Moyen	Temps prep (h)	Temps unit (ch)	Temps prévu (h)	Dates début/fin	Opérateur	Temps passé (h)	Cause écart
10	M5	1	20	9				
20	M1	0	20	8				
30	M4	1	30	13				
40	M3	0	15	6				
Total prévu :				36	Total passé :			

2e type de suivi

Chaque vendredi, chaque employé remet en fin de journée au chef d'équipe une fiche de pointage récapitulant les travaux qu'il a effectués durant la semaine. Les temps des différentes pertes de temps le matin ou l'après midi étant admises, chaque employé doit faire en sorte de justifier 7 heures de présence (6 heures le vendredi). En accord avec la Direction, les temps de synchronisation entre les fabrications sont consacrés à l'entretien des machines et de l'atelier.

Le relevé de ces fiches de pointage, le mardi 25 avril 2000 nous donne la situation présentée dans la page suivante.

Atelier 1

Feuille de pointage Semaine : 2000-16 — Poste : M1					
OF	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
0016-05	3,1				
0016-07	2,1				3,1
0016-06	1,3	3			
0016-01		4	0,3		
0016-04			5,1		
0016-09					1
Entretien	0,5		1,6	7	1,9
Total	7	7	7	7	6

Feuille de pointage Semaine : 2000-16 — Poste : M2					
OF	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
0016-03	4,2	3,5	0,7		
0016-05	2,1				
0016-04		3,5			
0016-01			3,1		
0016-02			3,1	2,1	3,1
0016-07				4,2	
0016-09					2,1
Entretien	0,7		0,1	0,7	1
	7	7	7	7	6,2

Feuille de pointage Semaine : 2000-16 — Poste : M5					
OF	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
0016-06	5				
0016-03	2	3			
0016-02		4	2	2	
0016-07			2	1,7	1,3
0016-01			1,6	2,4	
0016-09					2
0017-05					2,5
Entretien			1,4	0,9	0,2
	7	7	7	7	6

Atelier 2

Feuille de pointage Semaine : 2000-16 — Poste : M3					
OF	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
0015-03	1				
0016-08	3		3,5	1,3	
0015-05	3	2,9			
0016-10		3,1			
0016-06				2,8	
0016-03				0,4	3,1
0016-01					2,9
Formation			3,5		
Entretien		1		2,5	
	7	7	7	7	6

Feuille de pointage Semaine : 2000-16 — Poste : M4					
OF	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
0015-03	4,2				
0016-05		5,1	2		
0016-06			5	3,1	
0016-04				3,6	3,5
Congés					2,5
Entretien	2,8	1,9		0,3	
	7	7	7	7	6

Feuille de pointage Semaine : 2000-16 — Poste : M6					
OF	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
0015-05	3				
0016-10	3,1				
0015-03		4,9			
0016-08		1,8	2,3	2	
0016-03			3,2	1,9	
0016-01				1,7	2,2
0016-11					3,8
Entretien	0,9	0,3	1,5	1,4	
	7	7	7	7	6

Travail demandé (3e partie)

1er type de suivi

Ce type de suivi a été mis en place après une concertation avec les opérateurs. Après plusieurs mois de fonctionnement, le chef d'atelier note que les fiches suiveuses sont bien renseignées et que les temps reflètent vraiment la réalité.

Le directeur de l'entreprise, conscient de l'exactitude des informations envisage de s'en servir pour établir la paie des ouvriers en déterminant le temps de présence de chaque employé :

1. Déterminer, pour chaque opérateur de poste, son temps de travail hebdomadaire.
2. Faites vos commentaires sur la détermination des temps de présence des ouvriers.

2e type de suivi

Le directeur de l'entreprise, n'ayant pas un réel suivi de production, envisage d'utiliser les informations de pointage pour déterminer le temps passé sur chaque OF :

1. Déterminer le temps passé par OF réalisé pendant la semaine 2000-16.
2. Faites vos commentaires par rapport aux données réputées exactes du premier type de suivi.

Conclusion

3. Si vous deviez conseiller une entreprise dans le choix du type de suivi de production à mettre en place, quel conseil donneriez-vous ?

CORRIGÉS DES EXERCICES



Corrigé de l'exercice 1.1 (ABC)

Rappel : *Une analyse ABC d'un ensemble s'effectue dans le but de déterminer les classes d'importance de chaque élément de cet ensemble en fonction d'un objectif à atteindre. Le critère d'analyse sera donc fonction de cet objectif.*

1. Recherche des critères d'analyse

Avec les données qui sont en notre possession, il est possible d'effectuer une analyse ABC selon plusieurs critères :

- **Sur le Prix Unitaire :** cette analyse n'a aucun sens industriel.
- **Sur la consommation :** la détermination de la politique de réapprovisionnement nécessite de connaître les besoins en composants. Ces besoins n'étant que très rarement connus, il est possible d'estimer que la consommation future suivra les mêmes lois que la consommation passée. Ce critère mettra en évidence les flux physiques d'approvisionnement.
- **Sur la consommation × Prix Unitaire :** dans le même esprit que l'analyse précédente, celle-ci mettra en évidence les flux de trésorerie relatifs aux approvisionnements.

2. Analyses correspondant à ces critères

2.1. *Analyse suivant la « Consommation »*

N° Produit	Conso	Σ Conso	%
3	7 000	7 000	70
7	1 500	8 500	85
9	500	9 000	90
1	300	9 300	93
4	200	9 500	95
6	130	9 630	96
8	120	9 750	98
2	100	9 850	99
10	91	9 941	99
5	55	9 996	100

2.2. *Analyse suivant la « Consommation × Prix Unitaire »*

Comme la valeur de ce critère n'existe pas, il est nécessaire de la calculer préalablement à l'analyse.

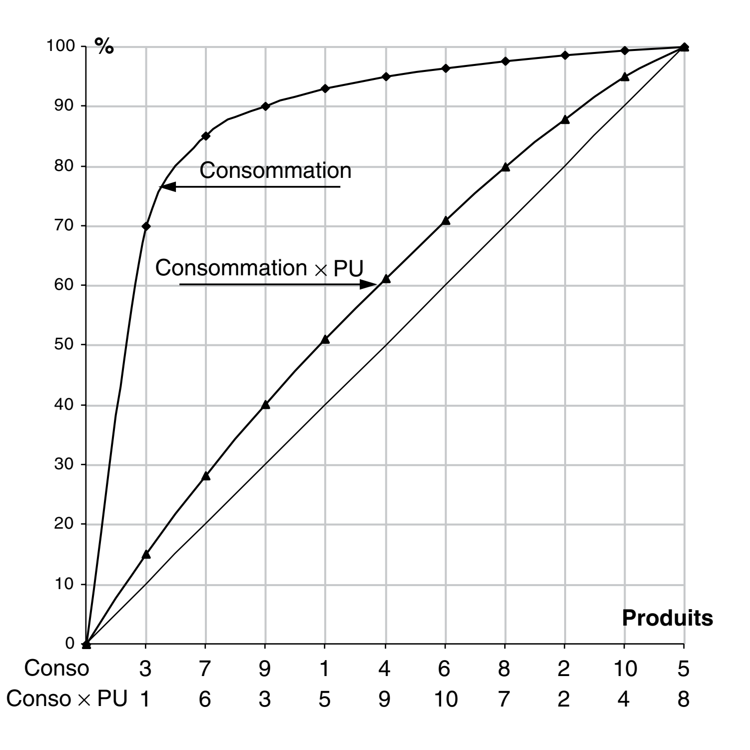
Par application numérique, nous trouvons :

1	2	3	4	5
2 286,00	1 220,00	1 820,00	1 068,00	1 676,95

6	7	8	9	10
1 982,50	1 365,00	762,00	1 525,00	1 465,10

N° Produit	Conso × PU	Σ (Conso × PU)	%
1	2 286,00	2 286,00	15
6	1 982,50	4 268,50	28
3	1 820,00	6 088,50	40
5	1 676,95	7 765,45	51
9	1 525,00	9 290,45	61
10	1 465,10	10 755,55	71
7	1 365,00	12 120,55	80
2	1 220,00	13 340,55	88
4	1 068,00	14 408,55	95
8	762,00	15 170,55	100

2.3. *Tracé des courbes*



2.4. *Conclusion*

La courbe correspondant à l'analyse « Consommation × Prix Unitaire » n'est pas interprétable car très proche de l'équi-importance de chaque produit et, de ce fait, ce critère n'est pas déterminant.

On ne retiendra donc que le critère « Consommation » pour déterminer les classes d'importance des produits.

3. Détermination des classes

Compte tenu de la forme de la courbe retenue, nous choisirons une partition 20-20-60 en considérant que celle-ci est proche de la courbe théorique. Nous en concluons :

- Classe A : Produits 3, 7
- Classe B : Produits 9, 1
- Classe C : Produits 4, 6, 8, 2, 10, 5

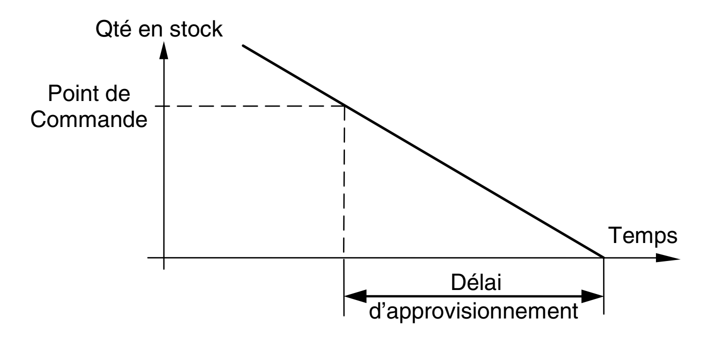
Corrigé de l'exercice 1.2 (Point de Commande)

1. Calcul du point de commande

Comme il est constaté une consommation régulière du produit, il est possible de calculer la consommation par semaine :

$$\text{Consommation par semaine} = \frac{390}{13} = 30 \text{ pièces par semaine,}$$

soit une consommation de 6 pièces par jour.



Le délai d'approvisionnement étant de 3 semaines, on en déduit le point de commande :

Point de commande : 30 × 3 = 90 pièces.

2. Nouveau point de commande

Le délai d'approvisionnement est égal à la somme de tous les délais, cela nous donne :

- Délai d'approvisionnement = délai administratif + délai de livraison.

Le véritable délai d'approvisionnement est donc de : 15 + 2 = 17 Jours.

Le nouveau point de commande est donc de : 6 × 17 = 102 pièces.

L'immobilisation de stock induite par ce délai administratif est de : 102 – 90 = 12 pièces.

3. Stock de sécurité

Pour palier à un retard de 3 jours de livraison, il est nécessaire de disposer de : $6 \times 3 = 18$ pièces.

Ce qui nous donne le nouveau point de commande : $102 + 18 = 120$ pièces.

Corrigé de l'exercice 1.3 (Analyse consommation, Quantité économique)

1. Détermination des jours calendaires de sortie matière :

Janvier 2010

V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
			1	2	3	4	5			6	7	8	9	10			11	12	13	14	15			16	17	18	19	20		

Février 2010

L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
21	22	23	24	25			26	27	28	29	30			31	32	33	34	35			37	38	39	40	41		

Mars 2010

L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
42	43	44	45	46			47	48	49	50	51			52	53	54	55	56			57	58	59	60	61			62	63	64

Ce qui nous donne :

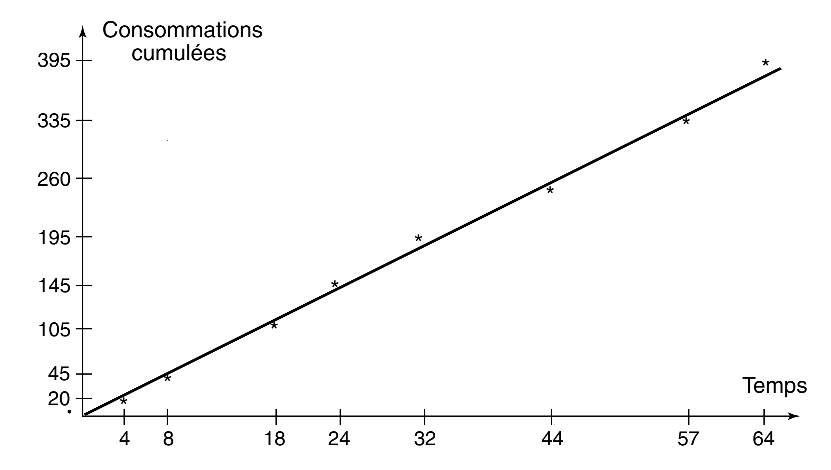
Jour ouvré	Jour calendaire
4	7 janvier 2010
8	13 janvier 2010
18	27 janvier 2010
24	4 février 2010
32	16 février 2010
44	3 mars 2010
57	22 mars 2010
64	31 mars 2010

2. Consommation journalière de ce produit

2.1. *Détermination graphique*

Calcul des consommations cumulées :

N° du jour ouvré	4	8	18	24	32	44	57	64
Consommations	20	25	60	40	50	65	75	60
Consommations cumulées	20	45	105	145	195	260	335	395



Par lecture sur le graphique, il est possible d'en déduire que la pente de consommation est de 6 produits par jour.

2.2. *Détermination analytique*

La consommation cumulée du produit pouvant se représenter par une droite de régression de type « y = a x », le coefficient a est égal à : $a = \dfrac{n\sum xy}{\sum x^2}$

X	Y	X²	XY
4	20	16	80
8	45	64	360
18	105	324	1 890
24	145	576	3 480
32	195	1 024	6 240
44	260	1 936	11 440
57	335	3 249	19 095
64	395	4 096	25 280
		11 285	**67 865**

$$a = \frac{n\sum xy}{\sum x^2} = \frac{67\,865}{11\,285} = 6{,}01$$

L'approche analytique confirme le résultat graphique. Nous pouvons en déduire que l'entreprise consomme en moyenne 6 produits par jour.

3. Date prévisionnelle de la rupture de stock

Ayant un stock de 120 pièces le 4 janvier, celui-ci peut couvrir la consommation de 20 jours ($\frac{120}{6} = 20$).

On en déduit une rupture de stock prévisible en fin de journée du 29 janvier 2010.

4. Quantité économique et Coût réel du produit

4.1. *Quantité économique du produit*

La quantité économique est calculée grâce à la formule de Wilson :

$$Qe = \sqrt{2N\frac{Cl}{t^*Pu}}$$

La consommation annuelle de ce produit est de $6 \times 230 = 1\ 380$ pièces.

$$Qe = \sqrt{2 \times 1\ 380 \times \frac{38,11}{0,20 \times 8,42}} = 250 \text{ pièces}$$

4.2. *Coût réel du produit acheté par quantité économique*

Le coût réel d'un produit est égal au prix d'achat du produit augmenté des frais d'approvisionnement et de stockage relatifs à ce produit :

$$Cu = Pu + \frac{Cl}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + Ss\right) \times t \times Pu}{N}$$

L'application numérique à notre exemple donne :

$$Cu = 8,42 + \frac{38,11}{250} + \frac{\left(\frac{250}{2}\right) \times 0,20 \times 8,42}{1\ 380}$$

$$Cu = 8,42 + 0,15 + 0,15 = 8,72\ €$$

Remarque : *Nous pouvons vérifier que pour des achats par quantité économique et une gestion sans stock de sécurité, les coûts d'approvisionnement et de stockage ramené à ce produit sont égaux.*

5. Couverture permise par la quantité économique

La couverture correspond au nombre de jours de production que l'entreprise peut faire avec cette quantité économique.

$$\text{Couverture} = \frac{\text{Quantité économique}}{\text{Consommation journalière}} = \frac{250}{6} = 41 \text{ jours}$$

6. Surcoût annuel pour un achat par 500

Nous calculons le coût réel du produit acheté par 500 en appliquant la même formule :

$$Cu = 8,42 + \frac{38,11}{500} + \frac{\left(\frac{500}{2}\right) \times 0,20 \times 8,42}{1\ 380}$$

$$Cu = 8,42 + 0,08 + 0,31 = 8,81\ €$$

Ce qui nous donne un surcoût par pièce de : $8,81 - 8,72 = 0,09$ € et un surcoût annuel de : $0,09 \times 1\ 380 = 118,98$ €.

Corrigé de l'exercice 1.4 (Zone économique, Remise)

1. Politiques d'achat

Le premier réflexe possible est de passer une commande de 1 000 pièces chaque mois. Nous verrons, dans les questions suivantes, que ce n'est pas une bonne solution.

Il est possible de passer, une fois par an, une commande de 12 000 pièces livrables périodiquement (semaine, mois, trimestre…). Cette solution est acceptable mais nécessite une étude plus approfondie de la fabrication.

Enfin, il est possible de passer une commande en fonction de la consommation (technique du point de commande) pour une quantité égale à la quantité économique définie par la formule de Wilson. Cette quantité permet de minimiser les coûts globaux d'approvisionnement.

Une consommation de 1 000 pièces par mois correspond à une consommation annuelle de 12 000 pièces.

$$Q_e = \sqrt{2N\frac{Cl}{t\,Pu}} = \sqrt{2 \times 12\,000 \times \frac{71{,}50}{0{,}25 \times 0{,}76}} = 3\,005 \text{ pièces}$$

Nous proposons donc de passer une commande de 3 000 pièces tous les trimestres.

2. Calcul des différents coûts de revient (avec stock de sécurité)

Le coût réel d'un produit est égal au prix d'achat du produit augmenté des frais d'approvisionnement et de stockage relatifs à ce produit :

$$Cu = Pu + \frac{Cl}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + Ss\right) \times t \times Pu}{N}$$

L'application numérique aux différentes quantités d'achat donne :

2.1. *Q = 1 000 pièces*

$$Cu = 0{,}76 + \frac{71{,}50}{1\,000} + \frac{\left(\frac{1\,000}{2} + 500\right) \times 0{,}25 \times 0{,}76}{12\,000} = 0{,}76 + 0{,}0715 + 0{,}0158 = 0{,}8473 \text{ €}$$

2.2. *Q = 3 000 pièces*

$$Cu = 0{,}76 + \frac{71{,}50}{3\,000} + \frac{\left(\frac{3\,000}{2} + 500\right) \times 0{,}25 \times 0{,}76}{12\,000} = 0{,}76 + 0{,}025 + 0{,}032 = 0{,}8155 \text{ €}$$

2.3. *Q = 5 000 pièces*

$$Cu = 0{,}76 + \frac{71{,}50}{5\,000} + \frac{\left(\frac{5\,000}{2} + 500\right) \times 0{,}25 \times 0{,}76}{12\,000} = 0{,}76 + 0{,}0143 + 0{,}0475 = 0{,}8218 \text{ €}$$

3. Étude des surcoûts

Quantité	Surcoût
1 000	(0,8473 – 0,8155) × 12 000 = 382,00 €
3 000	0
5 000	(0,8218 – 0,8155) × 12 000 = 75,60 €

On peut avoir tendance à accepter une commande par grande quantité (5 000 pièces) car le surcoût peut paraître faible. Il faut savoir que dans l'entreprise, comme dans toute organisation, la bataille économique se gagnera par la diminution de tout gaspillage.

4. Calcul des différents coûts de revient (sans stock de sécurité)

4.1. *Q = 1 000 pièces*

$$Cu = 0{,}76 + \frac{71{,}50}{1\,000} + \frac{\left(\frac{1\,000}{2}\right) \times 0{,}25 \times 0{,}76}{12\,000} = 0{,}76 + 0{,}0715 + 0{,}0079 = 0{,}8394 \text{ €}$$

4.2. ***Q = 3 000 pièces***

$$\text{Cu} = 0{,}76 + \frac{71{,}50}{3\,000} + \frac{\left(\frac{3\,000}{2}\right) \times 0{,}25 \times 0{,}76}{12\,000} = 0{,}76 + 0{,}0238 + 0{,}0238 = 0{,}8076 \text{ €}$$

On peut constater que lorsque la quantité commandée est égale à la quantité économique et qu'il n'y a pas de stock de sécurité, les surcoûts d'approvisionnement et de stockage sont égaux. Il est alors possible d'écrire :

$$\text{Cu} = 0{,}76 + \frac{71{,}50}{3\,000} \times 2 = 0{,}76 + (0{,}0238 \times 2) = 0{,}8076 \text{ €}$$

4.3. ***Q = 5 000 pièces***

$$\text{Cu} = 0{,}76 + \frac{71{,}50}{5\,000} + \frac{\left(\frac{5\,000}{2}\right) \times 0{,}25 \times 0{,}76}{12\,000} = 0{,}76 + 0{,}0143 + 0{,}0396 = 0{,}8139 \text{ €}$$

4.4. ***Surcoûts (sans stock de sécurité)***

Quantité	Surcoût
1 000	(0,8394 – 0,8076) × 12 000 = 382,00 €
3 000	0
5 000	(0,8139 – 0,8076) × 12 000 = 75,60 €

On constate que les surcoûts sont les mêmes. Cela est normal, par contre, le coût global annuel est mois élevé et le surcoût correspond au coût de gestion du stock de sécurité.

5. Coût de gestion du stock de sécurité

Il est possible de le calculer globalement ou à partir du coût unitaire du produit :

Coût de gestion = (0,8155 – 0,8076) × 12 000 = 95,00 €
= 0,76 × 0,25 × 500 = 95 €

6. Proposition de remise de 3%

Nous avons vu que le coût unitaire pour un achat par quantité économique est de 0,8155 €. La remise de 3% proposée par le fournisseur ne sera intéressante que si le coût unitaire de ce produit devient inférieur au coût calculé précédemment.

Le prix d'achat devient : 0,76 × 0,97 = 0,7372 €

$$\text{Cu} = 0{,}7372 + \frac{71{,}50}{10\,000} + \frac{\left(\frac{10\,000}{2} + 500\right) \times 0{,}25 \times 0{,}7372}{12\,000}$$

$$\text{Cu} = 0{,}7372 + 0{,}0072 + 0{,}0845 = 0{,}8288 \text{ €}$$

Nous constatons que le coût réel pour l'entreprise de ce produit est supérieur à celui obtenu lors de l'achat par quantité économique. Nous n'acceptons donc pas cette remise.

7. Recherche de la remise permise

Cette recherche est effectuée pour une commande de 10 000 pièces et l'existence d'un stock de sécurité de 500 pièces. Il est bien évident que cette recherche devrait être recalculée si les paramètres changent.

Si R est la remise : Pu' = Pu (1 – R) ; le nouveau coût unitaire devient :

$$C'u = Pu \times (1-R) + \frac{Cl}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + Ss\right) \times t \times Pu \times (1 - R)}{N}$$

L'application numérique nous donne :

$$C'u = 0{,}76 \times (1 - R) + \frac{71{,}50}{10\,000} + \frac{\left(\frac{10\,000}{2} + 500\right) \times 0{,}25 \times 0{,}76 \times (1 - R)}{12\,000}$$

$$C'u = 0{,}8542 - 0{,}8471\ R$$

Pour que la remise soit intéressante, il faut que : Cu' ≤ Cu

Donc : C'u = 0,8542 – 0,8471 R ≤ 0,8155

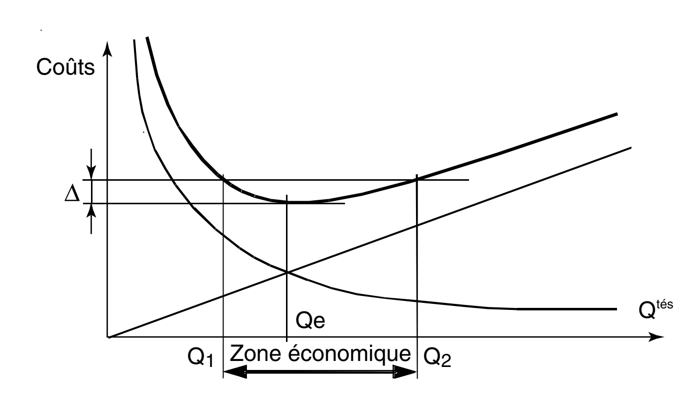
$$R = \frac{0{,}8542 - 0{,}8155}{0{,}8471} = 0{,}046 \text{ soit } 4{,}6\ \%$$

Toute remise à partir de cette valeur est acceptable.

Remarque : *Compte tenu des erreurs d'arrondi, il est difficile d'accepter moins de 5% de réduction. Même si, à ce stade, la théorie est acceptable, dans la pratique, il faut savoir que l'on augmente les risques de détérioration et de vol.*

8. Détermination de la zone économique

Rappel de la zone économique : « *zone autour de la quantité économique où le surcoût est pratiquement identique à celui d'un achat par quantité économique* ».



Nous acceptons un coût unitaire de 0,8155 × 1,005 = 0,8196 €

Ceci nous permet d'écrire les 2 égalités suivantes :

$$Cu_{Q1} = 0{,}76 + \frac{71{,}50}{Q_1} + \frac{\left(\frac{Q_1}{2} + 500\right) \times 0{,}25 \times 0{,}76}{12\,000}$$

$$Cu_{Q2} = 0{,}76 + \frac{71{,}50}{Q_2} + \frac{\left(\frac{Q_2}{2} + 500\right) \times 0{,}25 \times 0{,}76}{12\,000}$$

Entre ces deux égalités, seuls Q_1 et Q_2 diffèrent, il est donc possible d'écrire :

$$Cu_Q = 0{,}76 + \frac{71{,}50}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + 500\right) \times 0{,}25 \times 0{,}76}{12\,000} = 0{,}8196\ €$$

Ce qui nous permet de déterminer l'équation du second degré permettant de calculer les 2 valeurs de Q.

En développant, cela nous donne :

$$N\ Q\ Pu + N\ Cl + \frac{Q_2 t\ Pu}{2} + Q\ Ss\ t\ Pu = N\ Q\ Cu'$$

$$\frac{t\ Pu}{2} Q_2 + [N\ (Pu - Cu') + Ss\ t\ Pu]\ Q + N\ Cl = 0$$

$$0{,}095\ Q^2 - 620{,}20\ Q + 858\ 000 = 0 \quad \Rightarrow \quad \sqrt{\Delta} = \sqrt{b^2 - 4\ ac} = 242$$

Ce qui permet de déterminer les racines : $Q_i = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a}$ donc

$$Q_1 = \frac{620 - 242}{2 \times 0{,}095} = 1\ 990 \qquad Q_2 = \frac{620 + 242}{2 \times 0{,}095} = 4\ 538$$

Corrigé de l'exercice 1.5 (Appro. à date fixe, taux stockage, Unité de Gestion)

1. Prix unitaire de l'unité de gestion des produits au 1er février 2010

Il faut chercher, pour chaque produit, le coefficient de conversion. Lorsqu'il n'y a pas de reconditionnement celui-ci est égal à $\frac{\text{Nb pièces de l'UA}}{\text{Nb de pièces de l'UG}}$ alors que s'il y a reconditionnement celui-ci est égal à : $\frac{\text{Nb pièces de l'UA}}{\text{Nb de pièces de l'UG}} \times 1{,}1$.

Produit	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
UA : Unité d'achat (Nombre pièces)	10	100	100	1	10	500	1	10	100	100
Prix de l'unité d'achat (€)	106,72	18,30	68,60	13,72	381,13	13 415,79	25,92	655,54	381,13	1 981,88
UG : Unité de gestion (Nb pièces)	1	100	200	1	1	50	1	10	10	1
Coefficient de conversion	0,1	1	2,2	1	0,1	0,11	1	1	0,11	0,01
Prix de l'unité de gestion (€)	10,67	18,30	150,92	13,72	38,11	1 475,74	25,92	655,54	41,92	19,82

2. Valeur en stock de Matière Première au 1er février 2010

La valeur en stock est fonction de la quantité en stock et du coût de l'unité de gestion :

Produit	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Stock au 1er février	15	7	5	50	20	10	30	2	15	40
Prix de l'unité de gestion (€)	10,67	18,30	150,92	13,72	38,11	1 475,74	25,92	655,54	41,92	19,82

Valeur = (15 × 10,67) + (7 × 18,30) + (5 × 150,92) + (50 × 13,72) + (20 × 38,11) + (10 × 1 475,74) + (30 × 25,92) + (2 × 655,54) + (15 × 41,92) + (40 × 19,82)

Valeur = 160,05 + 128,10 + 754,60 + 686,00 + 762,20 + 14 757,40 + 777,60 + 1 311,08 + 628,80 + 792,80 = 20 758,63

La valeur en stock au 1er février est de 20 758,63 €.

3. Niveau de trésorerie à prévoir mensuellement

Le niveau de trésorerie est fonction du prix des unités d'achat et des consommations mensuelles :

Produit	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
UA : Unité d'achat (Nombre pièces)	10	100	100	1	10	500	1	10	100	100
Prix de l'unité d'achat (€)	106,72	18,30	68,60	13,72	381,13	13 415,79	25,92	655,54	381,13	1 981,88
Conso moyenne mensuelle (Nb Pièces)	240	6 000	6 000	880	50	2 000	240	150	3 000	150
Nb d'UA par mois	24	60	60	880	5	4	240	15	30	1,5

Trésorerie = (106,72 × 24) + (18,30 × 60) + (68,60 × 60) + (13,72 × 880) + (381,13 × 5) + (13 415,79 × 4) + (25,92 × 240) + (655,54 × 15) + (381,13 × 30) + (1 981,88 × 1,5)

Trésorerie = 2 561,28 + 1 098,00 + 4 116,00 + 12 073,60 + 1 905,65 + 53 663,16 + 6 220,80 + 9 833,10 + 11 433,90 + 2 972,82 = 105 878,31

Il faut prévoir une trésorerie minimum de 105 878,31 €.

4. Taux de stockage et coût de lancement

4.1. *Taux de stockage des matières premières*

Partant de $Qe = \sqrt{\dfrac{2N\ Cl}{t\ Pu}}$ on tire $= \dfrac{2N\ Cl}{PuQe^2}$; avec les données du sujet, on trouve :

N = 2 000 × 11 = 22 000 pièces (l'entreprise travaille 11 mois par an)

De $Pu = \dfrac{13\ 415{,}79}{500} = 26{,}83$ € On en déduit $t = \dfrac{2 \times 2\ 000 \times 11 \times 45{,}75}{26{,}832 \times 500^2} = 0{,}3$

Donc t pour les matières premières = 0,30 ou 30 %.

4.2. *Coût de lancement d'un produit en fabrication*

Partant de $Qe = \sqrt{\dfrac{2N\ Cl}{t\ Pu}}$ on tire $Cl = \dfrac{t\ Pu\ Qe^2}{2N}$

Avec les données du sujet : $Cl = \dfrac{0{,}15 \times 198{,}50 \times 80^2}{2 \times 2\ 500} = 38{,}11$ €.

Le coût de lancement d'un produit en fabrication est de 38,11 €.

5. Remise acceptable

À la quantité économique, le produit revient le moins cher pour l'entreprise, soit 13 415,79 + (2 × 45,75) = 13 507,29 € soit 27,01 € par produit.

Pour une quantité de 4 000, le coût total avec la remise ne doit donc pas dépasser 13 507,29 francs. On en déduit l'équation suivante :

$$Cu = 26{,}832 \times (1 - R) + \frac{45{,}75}{4\,000} + \frac{2\,000 \ \times 0{,}3 \times 26{,}832 \times (1 - R)}{22\,000} =$$

$$27{,}015 = -(26{,}832 + 0{,}732)\,R + (26{,}832 + 0{,}012 + 0{,}732)$$

$$\text{donc } R \geq \frac{26{,}832 \ + \ (0{,}732) - 27{,}015}{26{,}832 \ + \ (0{,}732)} = 2{,}035\ \%$$

6. Rangement du magasin

6.1. *Quel critère choisissez-vous ?*

Cherchant à minimiser les temps de manutention, il faut faire une analyse sur le « Nombre de manutentions » c'est-à-dire :

$$\text{Nb de manutentions} = \frac{\text{Consommation mensuelle}}{\text{UG} \times \text{ Nb moyen d'UG par mouvement}}$$

6.2. *Détermination des classes d'importance*

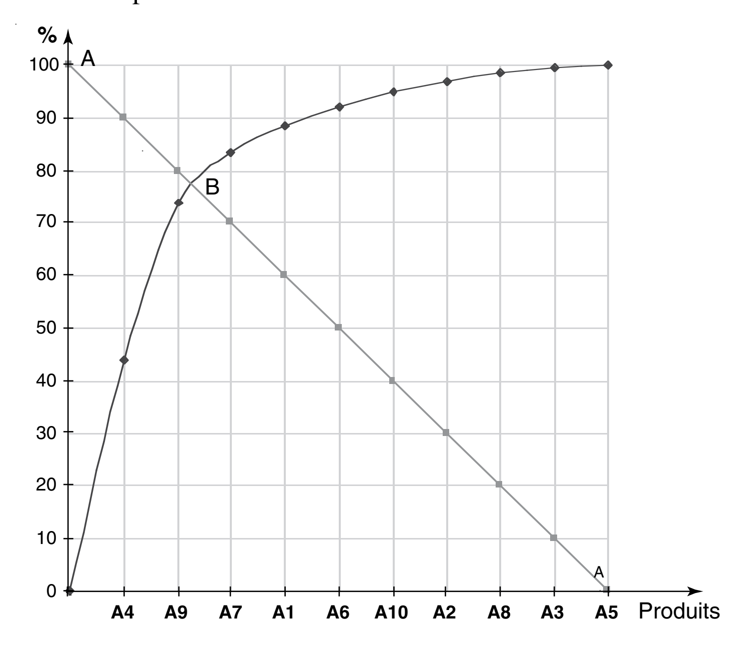
Recherche de la valeur du critère

Produit	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
UG : Unité de gestion (Nb pièces)	1	100	200	1	1	50	1	10	10	1
Conso moyenne / mois (Nb Pièces)	240	6 000	6 000	880	50	2 000	240	150	3 000	150
Nb moyen d'UG fournies à chaque sortie de magasin	4	3	3	2	10	1	3	1	1	5
Nb de manutentions	60	20	10	440	5	40	80	15	300	30

Analyse ABC sur le nombre de manutentions

Produit	Nb de Mvts	Cumul Mvts	%
A 4	440	440	44,0
A 9	300	740	74,0
A 7	80	820	82,0
A 1	60	880	88,0
A 6	40	920	92,0
A 10	30	950	95,0
A 2	20	970	97,0
A 8	15	985	98,5
A 3	10	995	99,5
A 5	5	1 000	100,0

Tracé de la courbe et interprétation



Le calcul du coefficient de discrimination $\frac{BC}{AC} = 0{,}767$. Ce coefficient étant dans l'intervalle de celui de la courbe théorique ($0{,}75 \leq$ coef $< 0{,}85$) nous appliquerons le découpage 20-20-60 pour la détermination des classes. Ce qui nous donne :

Classe A	Classe B	Classe C
A4 - A9	A7 - A1	A6 - A10 - A2 - A8 - A3 - A5

6.3. ***Dans quel ordre conseillez-vous de ranger les produits ?***

Il faut mettre les produits de classe A le plus près possible du point origine du robot manipulateur afin de minimiser le temps d'accès à ces produits puis on place les produits dans l'ordre de leur importance : A4, A9, A7, A1, A6, A10, A2, A8, A3, A5.

Corrigé de l'exercice 1.6 (Unité de Gestion)

1. Unités des profilés

L'unité d'achat est « la barre de 6 mètres » alors que l'unité de délivrance est « le mètre ».

2. Prix unitaire de l'unité de délivrance des profilés « standard »

L'unité de délivrance étant le mètre, il faut définir le coefficient de conversion de l'unité d'achat.

$$\text{Prix de l'unité de délivrance : } \frac{91{,}24}{6} = 15{,}21 \text{ €.}$$

3. Prix unitaire de l'unité de délivrance intégrant les chutes

Voulant intégrer l'amortissement de la chute dans le prix, nous ne devons prendre que la quantité utile de la barre.

Longueur utile : $6 \times 0{,}9 = 5{,}4$ mètres.

Prix de l'unité de délivrance : $\frac{91{,}24}{5{,}4} = 16{,}90$ €.

4. Prix unitaire de l'unité de délivrance des profilés « non standard »

Le problème est le même que dans la question précédente mais le coût de la barre est maintenant : $16 \times 5{,}5 = 88$ €. La longueur utile étant la même, le prix de l'unité de délivrance est de : $\frac{88{,}00}{5{,}4} = 16{,}30$ €.

***Commentaires :** il est préférable d'approvisionner des barres « non standard » de 5,5 mètres plutôt que des barres « standard » de 6 mètres. Bien que le coût apparent du mètre des barres « standard » soit plus faible (15,21 € au lieu de 16 €) le coût réel d'utilisation est plus élevé (16,90 € au lieu de 16,30 €) car la chute est plus importante.*

Corrigé de l'exercice 1.7 (MRP)

1. Calcul des besoins

Cas d'emploi	Périodes (Unité : Sem) ⇒						S13		S14		S15		S16		S17		S18		S19		S20	
	Nomen-clature			Réf Produit		Rng	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS
						A/F	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN
	C_{sant}	$Q_{té}$	%Perte	LT1	Q_{max}	Dél	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop
				Brn	Q_{mini}	S_s	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att
				LT2	Reb	Stck	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S
	B	1		A																		
	C	2				F																
	D	2		1	–																	
	E	1		1	1																	
				1	0		40		60		100		120		30		30		30		70	
				B			40	120	60	120	100	80	120	20	30	50	30	80	30	110	70	100
						A																
A				1	–	4	60		60		60		60		60		60		60		60	
				1	1	0	60		60		60		60		60		60		60		60	
				1	0	100		120		120		80		20		50		80		110		100
				C			80	10	120	-110	200	-200	240	-240	60	-60	60	-60	60	-60	140	-140
						A				110		200		240		60		60		60		140
A				1	–	1				110		200		240		60		60		60		140
				1	1	10				110		200		240		60		60		60		140
				1	0	100	110	20	200	10	240	10	60	10	60	10	60	10	140	10		10
				D			80	140	120	20	200	-180	240	-238	60	-60	60	-57	60	-54	140	-138
						A						180		238		60		57		54		138
A				7	–	2	210					182		238		63		63		56		140
				7	7	0	210					182		238		63		63		56		140
				7	0	10	182	140	238	20	63	2	63	0	56	3	140	6		2		2
				E			40	80	60	20	100	-80	120	0	30	-30	30	140	30	110	70	40
						A						80				30						
A				1	–	2						200				200						
				1	200	0						200				200						
				1	0	120	200	80		20	200	120		0		170		140		110		40

2. Calendrier des suggestions de fabrication et de demandes d'achat

	CALENDRIER	
	Lancements en fabrication	Suggestions d'achat
Manquants		
S13	40 A	110 C, 182 D, 200 E
S14	60 A	200 C, 238 D
S15	100 A	240 C, 63 D, 200 E
S16	120 A	60 C, 63 D
S17	30 A	60 C, 56 D
S18	30 A	60 C, 140 D
S19	30 A	140 C
S20	70 A	

Corrigé de l'exercice 1.8 (MRP – Pertes)

1. Besoins indépendants et dépendants

Besoins indépendants : F1, F2, SF4

Besoins dépendants : SF1, SF2, SF3, SF4, SF5, A1, A2, A3, A4

2. Produits achetés et fabriqués

Produits finis fabriqués : F1, F2

Produits semi-finis fabriqués : SF1, SF2, SF3, SF4, SF5

Produits achetés : A1, A2, A3, A4

3. Cycle de fabrication de chaque produit fabriqué

F1 : 6 sem F2 : 6 sem

SF1 : 5 sem SF2 : 3 sem SF3 : 4 sem SF4 : 2 sem SF5 : 3 sem

4. Calcul des besoins

4.1. Horizon permettant d'effectuer le calcul des besoins

Date minimum = S13 (nous sommes en semaine 12)

Date maximum = S13 – 1 + 8 = S20

4.2. Suggestions d'achat et de fabrication

Cas d'emploi	*Périodes (Unité : Sem) ⇒*						Manque		S13		S14		S15		S16		S17		S18		S19		S20	
	Nomenclature			*Réf Produit*		*Rng*			*BB*	*DPS*	*BB*	*BB*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*
						A/F			*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*
	C_{sant}	*Qté*	*%Perte*	*LT1*	Q_{mx}	*Del*			*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*
				Brn	Q_{mini}	*Ss*			*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*
				LT2	*Reb*	*S*	*S*		*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*
SF2 SF3 SF4 SF5				A1		4			10	-15	13 44 12	-19	20 40	-49	14 40	-3	21 60	-54		56				96
						A				15		19		49		3		54						
				30	–	1				30	40	30		60	40	30		60	40				40	
				30	1	10				30	40	30		60	40	30		60	40				40	
				30	0	5	30		30	20	60	21	30	21	60	37		16		56				96

Cas d'emploi	Périodes (Unité : Sem) ⇒						Manque		S13		S14		S15		S16		S17		S18		S19		S20	
	Nomen-clature			Réf Produit		Rng			*BB*	*DPS*	*BB*	*BB*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*
						A/F			*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*
	C_{sant}	*Qté*	*%Perte*	*LT1*	Q_{mx}	*Del*			*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*
				Brn	Q_{mini}	*Ss*			*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*
				LT2	*Reb*	*S*	*S*		*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*
				A2		3				-5	13	-3	20	-8	14	-7	21	-13		7				7
						A				5		3		8		7		13						
SF2 SF3				15	–	2				15		15		15		15		15						
				15	1	5				15		15		15		15		15						
				15	0	0	15 15		15	15	15	17	15	12		13		7		7				7
				A3		3				7	26	-19	40	-32		7		7		7				7
						A						19		32										
SF3				9	–	2						27		36										
				9	1	3						27		36										
				9	0	10	27		36	10		11		7		7		7		7				7
				A4		4			20	-15	22 24	-36	20	-6	15 20	-16	23 30	-44		6				6
						A				15		36		6		16		44						
SF2 SF4 SF5				25	–	1				25		50		25		25		50						
				25	1	5				25		50		25		25		50						
				25		10	25		50	15	25	19	25	24	50	14		11		11				11
				F1		1				12		12		12		12	15	-3	20	-13			20	-20
						F												3		13				20
	SF3 SF4	1 1	0 0	1	–	2												10		13				20
				1	10	0												10		13				20
				1	0	12				12		12	10	12	13	12	20	7		0				0
				F2		1				10		10		10		10		10	20	-10			20	-16
						F														10				16
	SF1 SF2	1 1	0 0	7	–	1														14				21
				7	1	0														14				21
				7	0	10				10		10		10		10	14	10	21	4				5
				SF1		2				5		5		5		5	14	-9	21	-21				0
						F												9		21				
F2	SF4 SF5	2 1	0 10	1	–	2												9		21				
				1	7	0												9		21				
				1	0	5				5		5	9	5	21	5		0		0				0
				SF2		2				0		0		0		0	14	-14	21	-21				0
						F												14		21				
F2	A1 A2 A4	1 1 1	0 0 5	1	–	1												14		21				
				1	10	5												14		21				
				1	0	5				5		5		5	14	5	21	5		5				5
				SF3		2				10		10	10	0	13	-13	20	-20		0				0
						F										13		20						
F1	A1 A2 A3	1 1 2	0 0 0	1	–	2			6							13		20						
				1	6	4			6							13		20						
				1	0	8				14	13	14	20	4		4		4		4				4

Cas d'emploi	Périodes (Unité : Sem) ⇒						Manque		S13		S14		S15		S16		S17		S18		S19		S20	
	Nomen-clature			Réf Produit		Rng			BB	DPS	BB	BB	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS
						A/F			BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN
	C_{sant}	$Q_{té}$	%Perte	LT1	Q_{mx}	Del			Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop
				Brn	Q_{mini}	Ss			OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att
				LT2	Reb	S	S		Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S
F1 SF1	A1 A4	2 1	0 0	SF4		3				8		8	10 20	-22	10 13 47	-20	20	-20	30	-30				0
						F								22		20		20		30				
				1	–	1								22	50	20		20		30				
				1	1	10								22	50	20		20		30				
				1	0	18				18	22	18	20	10	20	10	30	10		10				10
SF1	A1 A4	1 2	0 0	SF5		3				8		8	9	-1	21	-12		0		0				0
						F								1		12								
				1	–	2								10		12								
				1	10	0								10		12								
				1	0	8			10	8	12	8		9		0		0		0				0

Remarque 1 : *Les produits A3 et A2 qui sont des produits achetés peuvent être de rang 3 (recherche des rangs) ou de rang 4 (tous les produits achetés au même rang).*

Remarque 2 : *Détail de prise en compte de la perte : lien SF1 → 2 SF4, Rebut = 0,10 (ou 10 %). En semaine S16, pour un lancement de 21 SF1, il faut* $\dfrac{21 \times 2}{1 - 0{,}10} = 47$ SF4

	CALENDRIER	
	Lancements en fabrication	Demandes d'achat
Manquants		30 A1, 30 A2, 27 A3, 25 A4
S13	10 SF5	30 A1, 15 A2, 36 A3, 50 A4
S14	13 SF3, 22 SF4, 12 SF5	60 A1, 15 A2, 25 A4
S15	10 F1, 9 SF1, 20 SF3, 20 SF4	30 A1, 15 A2, 25 A4
S16	13 F1, 21 SF1, 14 SF2, 20 SF4	60 A1, 50 A4
S17	20 F1, 14 F2, 21 SF2, 30 SF4	
S18	21 F2	
S19	——— Congés de	l'entreprise ———
S21		

4.3. *État prévisionnel des stocks en fin d'horizon*

Pour détails voir feuille de calculs

Produit	F1	F2	SF1	SF2	SF3	SF4	SF5	A1	A2	A3	A4
Qté fin horizon	0	5	0	5	4	10	0	96	7	7	11

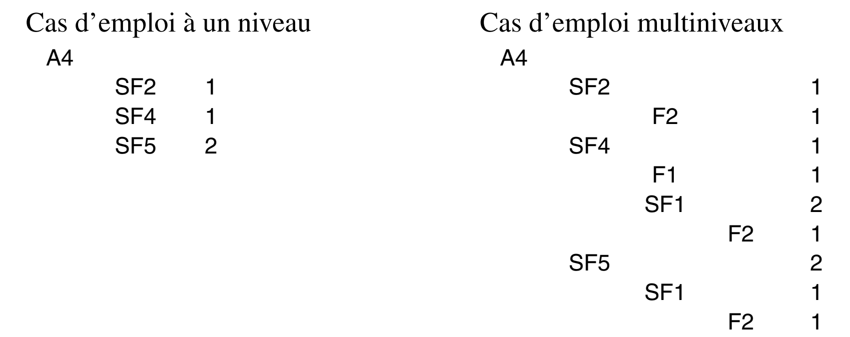
On peut remarquer qu'une commande annuelle livrable périodiquement peut avoir un effet inflationniste des stocks s'il n'y a pas de besoins correspondants.

5. Liens inverses correspondant aux données techniques

5.1. *Fichier inverse des liens*

Csant	A1	A1	A1	A1	A2	A2	A3	A4	A4	A4	SF1	SF2	SF3	SF4	SF4	SF5
Csé	SF2	SF3	SF4	SF5	SF2	SF3	SF3	SF2	SF4	SF5	F2	F2	F1	F1	SF1	SF1
Qté	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1
Rebut								0,05							0,10	

5.2. *Cas d'emploi de A4*



Cas d'emploi à un niveau

A4		
	SF2	1
	SF4	1
	SF5	2

Cas d'emploi multiniveaux

A4				
	SF2			1
		F2		1
	SF4			1
		F1		1
		SF1		2
			F2	1
	SF5			2
		SF1		1
			F2	1

Corrigé de l'exercice 1.9 (MRP – Pertes et Rebuts)

1. Données techniques

1.1. *Quantité économique du Produit D ;*

Calcul de la quantité économique de D :

$$Q_e = \sqrt{\frac{2N\ Cl}{t\ Pu}} = \sqrt{\frac{2 \times 9\ 000 \times 70{,}00}{0{,}23 \times 34{,}25}} = 400$$

1.2. *Quantité économique du Produit K ;*

Calcul de la quantité économique de K :

$$Q_{eK} = \sqrt{\frac{2N\ Cl}{t\ Pu}} = \sqrt{\frac{2 \times 30\ 000 \times 47{,}50}{0{,}15 \times 19{,}00}} = 1\ 000$$

1.3. *Données techniques*

Produit D

Le lot technique 1 = 1 Borne = 1 Le lot technique 2 = 1
Quantité minimum = 400 Quantité maximum = sans limite

Produit I

Le lot technique 1 = 200 Borne = 200 Le lot technique 2 = 200
Quantité minimum = 1 Quantité maximum = sans limite

Produit J

Le lot technique 1 = 1 Borne = 1 Le lot technique 2 = 1
Quantité minimum = 1 Quantité maximum = sans limite

Produit K

Le lot technique 1 = 150 Borne = 150 Le lot technique 2 = 150
Quantité minimum = 1 000 Quantité maximum = sans limite

2. Calcul MRP

2.1. *Besoins bruts de la pièce J sur une période*

Dans cet exemple, les pertes sont à prendre en compte lors de l'éclatement du lien de nomenclature D/J. Si nous avons besoin de N pièces avec un taux de perte R, le besoin brut réel sera de $\frac{N}{1-R}$; (valeur arrondie à l'unité supérieure comme l'indique le sujet).

Application numérique sur le lien D–J en semaine 20 : $\frac{400}{1-0,1} = 445$;

2.2. *Besoins nets de la pièce K sur une période*

Dans cet exemple, les rebuts sont à prendre en compte lors du calcul du besoin net. Si nous avons besoin de –DPS pièces avec un taux de rebut R, le besoin net réel sera de $\frac{-DPS}{1-R}$; (valeur arrondie à l'unité supérieure comme l'indique le sujet).

Application numérique sur le besoin net de K en semaine 20 : $\frac{800}{1-0,1} = 889$;

2.3. *Grille du calcul MRP*

Cas d'emploi	Périodes (Unité : Sem) ⇒						Manque		S20		S21		S22		S23		S24		S25		S26	
	Nomen-clature			Réf Produit		Rng			*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*
						A/F			*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*
	C_{sant}	$Q_{té}$	Perte %	LT1	Q_{max}	Dél			*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*
				Brn	Q_{mini}	S_s			*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*
				LT2	Reb	Stck	Sug		*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*
	I J K	1 1 2	0 1 0 0	D					210	10	180	-170	320	-90	10	300	70	230	90	140	300	-160
						F						170		90								160
				1	–	1						400		400								400
				1	400	0						400		400								400
				1	0	220			400	10	400	230		310		300		230	400	140		240
				I					400	-450	400	-250		300		300		300	400	-250		300
						A				450		250								250		
D				200	–	1				600		400								400		
				200	1	150				600		400								400		
				200		100	600		400	300		300		300		300		300		300		300
				J					445	45	445	-400		0		0		0	445	-445		0
						A						400								445		
D				1	–	2						400								445		
				1	1	0						400								445		
				1		400	400			45		0		0	445	0		0		0		0
				K					800	-800	800	-655		290		290		290	800	-510		435
						A				889		728								567		
D				150	–	1				1 050		1 050								1 050		
				150	1 000	0				945		945								945		
				150	10%	0	1 050		1 050	145		290		290		290	1 050	290		435		435

2.4. ***Planning des suggestions***

Période	Suggestions	
	Fabrication	Approvisionnement
Manque		600I, 400J, 1 050K
S20	400D	400I, 1 050 K
S21	400D	
S22		
S23		445J
S24		1 050K
S25	400D	
S26		

2.5. ***Stock prévisionnel en fin de semaine 26***

Produit	D	I	J	K
Stock sem 26	240	300	0	435

2.6. ***Commentaires sur la gestion des stocks de cette entreprise***

Plusieurs remarques peuvent être formulées quant à la gestion de cette entreprise :

- L'entreprise n'a certainement pas dû suivre les suggestions d'approvisionnement des calculs précédent car il va manquer 600I, 400J et 1050K pour pouvoir lancer en fabrication les pièces D en semaine 20. Un manque sur un produit peut, éventuellement s'expliquer par des problèmes de livraison mais pas 3 produits sur 3.
- De plus, concernant le produit I, on remarque que le stock de sécurité a déjà été entamé.
- La politique de lancement en fabrication n'est pas idéale car la production de D n'est pas régulière et en plus il est prévu un stock résiduel en fin d'horizon. Une façon d'améliorer serait d'enlever, ou de diminuer, la contrainte de lancement en fabrication par 400 pièces. Une démarche SMED serait la bienvenue.
- Un raisonnement analogue peut être conduit pour les produits achetés I et K qui posent des problèmes analogues à D.

Corrigé de l'exercice 1.10 (MRP – Rebuts)

1. Détermination des produits fabriqués et des produits achetés

Les produits achetés sont tous les produits du dernier niveau des nomenclatures. En conséquence, les produits achetés sont les produits B, D et G.

2. Détermination des produits finis et produits semi-finis

Tous les produits, autres que les produits achetés, représentent les produits fabriqués. Ce sont donc les produits A, C, E, F et G.

Parmi les produits fabriqués, seuls sont produits finis les produits qui sont fabriqués et non composants. Nous en déduisons :

- Produits finis : A et C
- Produits semi-finis : E, F et G

3. Détermination des produits à besoins indépendants

Les produits à besoins indépendants sont les produits qui sont définis au catalogue de l'entreprise (produits vendables). Ici les produits à besoins indépendants sont les produits A, C et E.

4. Date de la fin d'horizon qui couvre les prévisions du PdP

La date de fin d'horizon qui nous permet de couvrir les besoins du PdP doit être supérieure ou

égale à la date de la livraison la plus éloignée. Ici, cette date est la semaine 10. L'horizon de calcul MRP va de la semaine 4 à la semaine 10.

5. Calcul des besoins

Cas d'emploi	Périodes (Unité : Sem) ⇒						S4		S5		S6		S7		S8		S9		S10	
	Nomenclature			Réf Produit		Rng	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS	BB	DPS
						A/F	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN	BA	BN
	C_{sant}	Qté	Perte	LT1	Q_{max}	Dél	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop	Liv	Prop
				Brn	Q_{mini}	S_s	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att	OL	Att
				LT2	Reb	Stck	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S	Sug	S
				A		1		17	15	2		2	20	-18		0		0	15	-15
	B	1	0			F								18						15
	E	1	0	1	–	2								18						15
	F	1	0	1	1	0								18						15
				1	0	17		17	18	2		2		0	15	0		0		0
				B		3	20		18 24				20 20		15					
A						A														
F				1	–	1														
H				1	1	0														
				1	0	48														
				C		1		0		0		0	10	-10		8	25	-17		1
						F								12				19		
	G	1	0	10	–	1								20				20		
	H	1	0	10	1	0								18				18		
				10	10	0		0		0	20	0		8	20	8		1		1
				D		4	21 56	10		10	111	-51	21	-12		58		58		108
E						A						51		12						
F				20	–	1	50				50	60		20	50				50	
				20	1	0	50				50	60		20	50				50	
				20	0	37		10	60	10	20	9		8		58		58		108
				E		3		25	18 20	-13		12	25 20	-33	15	2		2		2
A	D	2	10			F				13				33						
H	G	1	0	25	–	1				25				50						
				25	1	10				25				50						
				25	0	35	25	35		22	50	22		27		12		12		12
				F		2		0	18	-18		2		2	15	-13		7		7
	B	1	0			F				18						13				
A	D	1	5	10	–	1				20						20				
	G	1	0	10	1	0				20						20				
				10	0	0	20	0		2		2	20	2		7		7		7
				G		4	20 25	12		12	20 50	-58	20	-18	20	12		12		12
C						A						58		18						
E				5	–	1						60		50						
F				40	50	0						60		50						
				10	0	57	60	12	50	12		2		32		12		12		12
				H		2		0		0	20	-20		0	20	-20		0		0
	B	1	0			F						20				20				
C	E	1	0	1	–	1						20				20				
				1	1	0						20				20				
				1	0	0		0	20	0		0	20	0		0		0		0

6. Calendrier des suggestions d'approvisionnement/de fabrication

Période	Suggestions	
	Fabrication	Approvisionnement
S4	25E, 20F	60G
S5	18A, 20H	60D, 50G
S6	20C, 50E	20D
S7	20F, 20H	
S8	15A, 20C	
S9		
S10		

Corrigé de l'exercice 2.1 (Gestion d'affaire – Pert (délais, coûts))

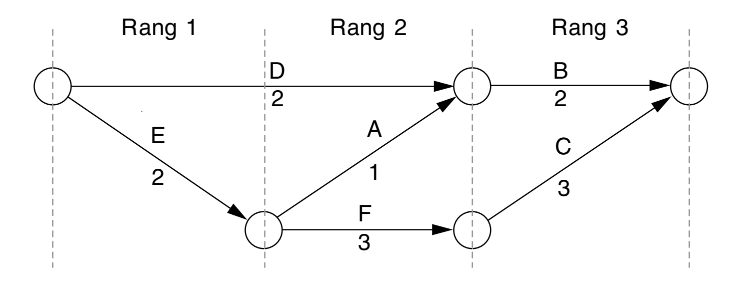
1. Analyse de cette affaire

1.1. *Graphe de cette affaire*

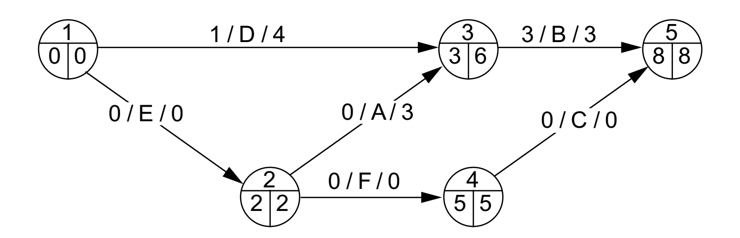
- Recherche du rang de chaque tâche

Rang 1			Rang 2			Rang 3		
Tâche	Antériorité	Rang	Tâche	Antériorité	Rang	Tâche	Antériorité	Rang
A	E		A	~~E~~	2	A	~~E~~	2
B	A, D		B	A, ~~D~~		B	~~A~~, ~~D~~	3
C	F		C	F		C	~~F~~	3
D	–	1	D	–	1	D	–	1
E	–	1	E	–	1	E	–	1
F	E		F	~~E~~	2	F	~~E~~	2

- Construction du graphe



1.2. *Chemin critique et marges de chaque tache*

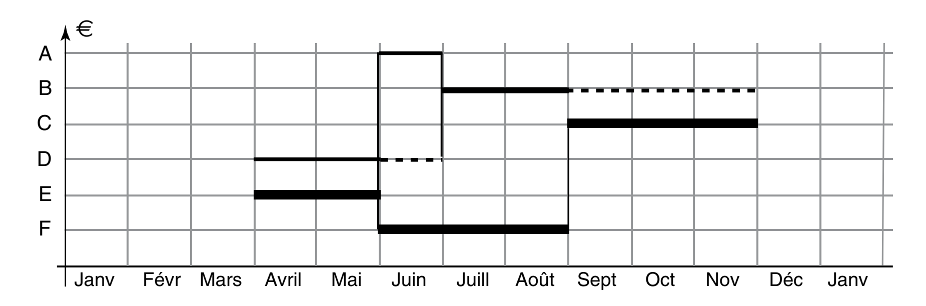


	A	B	C	D	E	F
Durée	1	2	3	2	2	3
Début + Tôt	2	3	5	0	0	2
Début + Tard	5	6	5	4	0	2
Fin + Tôt	3	5	8	2	2	5
Fin + Tard	6	8	8	6	2	5
Marge totale	3	3	0	4	0	0
Marge libre	0	3	0	1	0	0
Chemin Critique			x		x	x

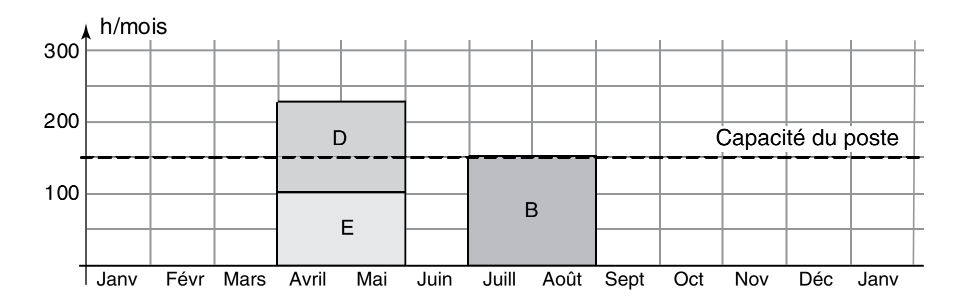
2. Dans une politique de planification qui maximise la sécurité sur les délais

2.1. ***Établissez le diagramme de GANTT***

Une politique qui vise à maximiser la sécurité consiste à placer l'ensemble des tâches au plus tôt. Les dates « relatives » sont transformées en dates réelles.



2.2. ***Dessinez le diagramme de charge du moyen ME2***



2.3. ***Conclusion ?***

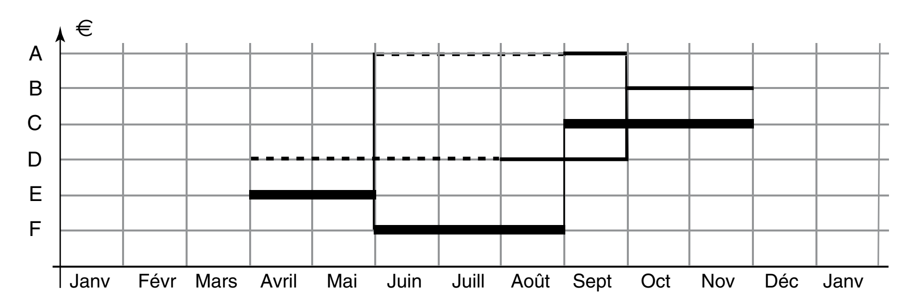
Dans le cas d'un chargement au plus tôt, le poste ME2 est en surcharge. Il est donc nécessaire de chercher une solution d'équilibrage :

- Par augmentation de la capacité : heures supplémentaires…
- Par diminution des charges : Sous-traitance, utilisation des marges pour décalage de la tâche D…
- Combinatoire des 2 types de solutions.

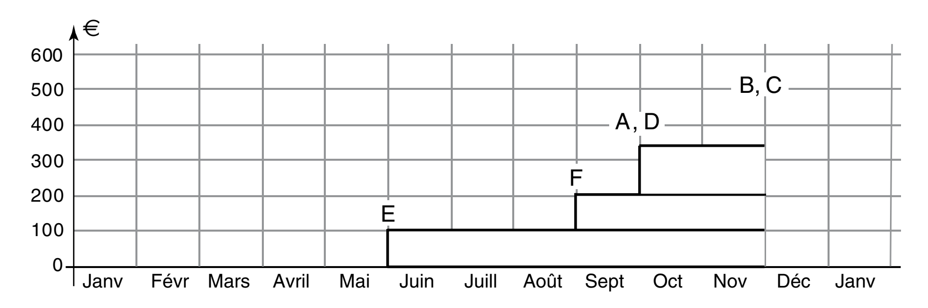
3. Avec une politique de planification qui minimise les coûts financiers

3.1. *Diagramme de GANTT*

Diagramme de GANTT au plus tard, pour minimiser les coûts financiers liés à l'immobilisation des capitaux :



3.2. *Diagramme d'immobilisation financière, avec calage au plus tard*



Corrigé de l'exercice 2.2 (Pert probabiliste)

1. Durée moyenne de réalisation de cette construction

Pour déterminer la durée de la réalisation, il faut raisonner sur le chemin critique.

La tâche la plus tardive étant la tâche D, on peut en déduire la durée totale de la réalisation :

Durée = Début de la tâche D + Durée de la tâche D = 15 + 8 = 23 jours

2. Probabilité de réaliser cette construction en 25 jours

Le calcul s'effectue sur les *n* tâches composant le chemin critique. Pour chacune d'entre elles, on calcule l'écart type correspondant : $\sigma = \sqrt{\left(\frac{t_p - t_0}{6}\right)^2}$

Sachant que l'espérance mathématique, ou variance, d'une somme de variables aléatoires indépendantes est égale à la somme des espérances mathématiques de ces variables, il est possible de déterminer l'écart type relatif à l'ensemble de la fabrication : $\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \sigma_i^2}$.

Tâche	t_o	t_r	t_p	t_m	σ^2	σ
A	12	14,5	20	15	1,78	1,334
D	4	7,5	14	8	2,78	1,667
Σ				23	4,56	2,135

De plus, en estimant que la somme de *n* variables aléatoires tend à suivre une loi normale $\mathcal{N}$ quand *n* augmente, quelles que soient les lois de probabilité suivies par ces variables, on en tire la distribution de probabilité de la durée minimale d'exécution de la fabrication.

Dans notre exemple, si D est la variable aléatoire continue mesurant la durée du chemin critique en unités de temps, D suit la loi :

$$D = \mathcal{N}(23\ ;\ 2{,}135)$$

Attention : *Cette loi ne devrait pas s'appliquer à notre exemple, car n est beaucoup trop petit, mais nous l'avons utilisé pour expliquer le raisonnement.*

On peut alors déterminer la probabilité de réaliser la fabrication de durée D en L unités de temps $\mathcal{P}(D \leq L)$:

$$\mathcal{P}(D \leq L) = \mathcal{P}\left(\frac{(D - t_m)}{\sigma} \leq \frac{(L - t_m)}{\sigma}\right) \rightarrow \mathcal{P}\left(T \leq \frac{25 - 23}{2{,}135}\right)$$

$$= \mathcal{P}(T \leq 0{,}9367) \ = \ \Pi(0{,}94)$$

En considérant la fonction de répartition de la loi normale, centrée, réduite, on utilise le tableau de répartition d'une probabilité d'une valeur inférieur à t :

	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7290	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9779	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9961	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986

Dans notre exemple, nous trouvons $\mathcal{P}(D \leq 25) = 82{,}64\ \%$

3. Recherche d'une probabilité minimum de 95 %

3.1. *Durée de fabrication assurant une probabilité minimum de 95 %*

Pour trouver la limite acceptable, nous tenons le raisonnement inverse. 95%, obtenu par extrapolation linéaire, nous permet de dire que $\mathcal{P}(D \leq L) = \Pi(1{,}645)$

On en déduit que $\frac{L - 23}{2{,}135} = 1{,}645,$

ce qui nous donne $L = 23 + (1{,}645 \times 2{,}135) = 26{,}51$ jours.

Comme nous devons avoir un nombre entier de jours, cela nous donne un délai de 27 jours.

3.2. *Probabilité de réaliser cette construction en 27 jours*

Nous rappliquons le raisonnement de la question 2 pour déterminer cette probabilité :

$$\mathcal{P}(D \leq L) = \mathcal{P}\left(\frac{(D - t_m)}{\sigma} \leq \frac{(L - t_m)}{\sigma}\right) \rightarrow \mathcal{P}\left(T \leq \frac{27 - 23}{2{,}135}\right)$$

$$= \mathcal{P}(T \leq 1{,}8735) = \Pi(1{,}873)$$

Par extrapolation linéaire, on trouve une probabilité réelle de :

$$\mathcal{P}(D \leq 27) = 0{,}9693 + ((0{,}9699 - 0{,}9693) \times 0{,}35) = 96{,}95\ \%$$

4. Dates de début au plus tôt de chaque tâche

La date de début au plus tôt de la construction est obtenue en plaçant au plus tard le chemin critique. Cela nous donne un début de réalisation le 15 février 2006. À partir de cette date, il est possible de déterminer les dates au plus tôt de chaque tâche :

Février 2006

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M
A															—	—	—			—	—	—	—	—			—	—
B																												
C																												
D																												
E															—	—	—			—	—	—	—					
F																												
G																												

Mars 2006

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M
A	—	—	—			—	—																					
B										—			—	—														
C								—	—																			
D								—	—	—			—	—	—	—	—											
E																												
F								—																				
G										—			—	—														

On en déduit le tableau de lancement en fabrication au plus tôt suivant :

Tâche	Début au plus tôt
A	Mercredi 15 février 2006
B	Vendredi 10 mars 2006
C	Mercredi 8 mars 2006
D	Mercredi 8 mars 2006
E	Mercredi 15 février 2006
F	Mercredi 8 mars 2006
G	Vendredi 10 mars 2006

5. Réponse pour un démarrage de E le 2 mars 2006 au matin

Avant de prendre une décision, il est nécessaire de calculer les marges de cette tâche.

Marge totale = Début au plus tard – Début au plus tôt = 13 – 0 = 13 Jours

Marge libre = Début au plus tôt des tâches suivantes – Fin au plus tôt de la tâche

= 17 – 7 = 10 jours.

En connaissance de ces informations, il est possible d'accepter la demande du responsable de la tâche E de démarrer le 2 mars, mais il faut se souvenir, ou prévenir, que les tâches B et G ne pourront démarrer au plus tôt que le lundi 13 mars 2006.

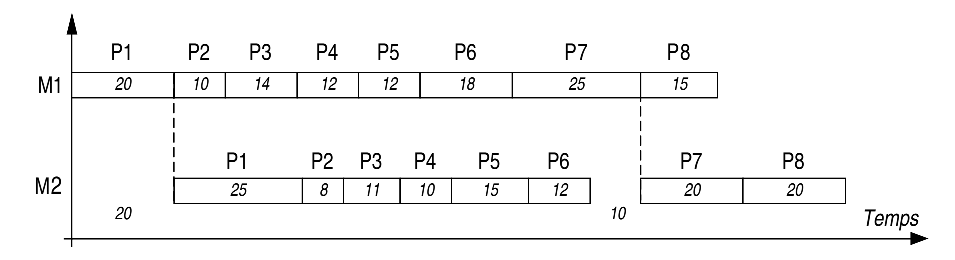
6. Réponse pour un démarrage de B le plus tôt possible

Compte tenu de la réponse précédente, la tâche B ne peut démarre au plus tôt que le lundi 13 mars 2006.

Corrigé de l'exercice 2.3 (Johnson)

1. Ordre d'arrivée des fabrications

Durée de fabrication dans l'ordre des numéros de produit.



Durée de fabrication = 20 + 10 + 14 + 12 + 12 + 18 + 25 + 20 + 20 = 151

Temps d'inactivité du moyen M2 : 20 + 10 = 30

2. Application de l'algorithme de Johnson

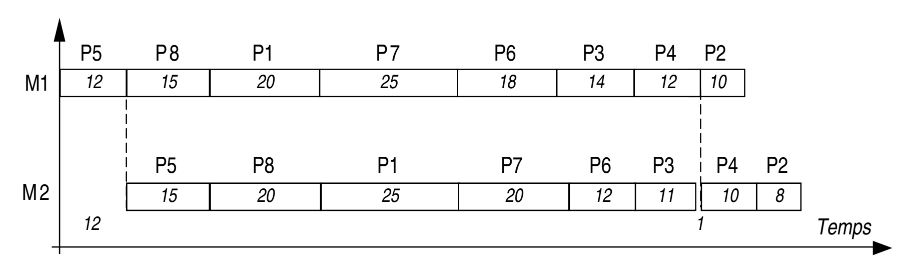
Ensemble E1 des pièces dont Tm1 ≤ Tm2 : P1, P5, P8

Ensemble E2 des pièces dont Tm1 > Tm2 : P2, P3, P4, P6, P7

E1 dans l'ordre croissant de Tm1 : P5, P8, P1

E2 dans l'ordre décroissant de Tm2 : P7, P6, P3, P4, P2

ce qui nous donne l'ordre final : P5, P8, P1, P7, P6, P3, P4, P2



Durée de fabrication = 12 + 15 + 20 + 25 + 18 + 14 + 12 + 10 + 8 = 134

2.1. ***Temps d'inactivité de chaque moyen***

Temps d'inactivité du moyen M1 : 0

Temps d'inactivité du moyen M2 : 12 + 1 = 13

2.2. ***Gain obtenu en appliquant cet algorithme***

Gain sur la durée de fabrication : 151 – 134 = 17 qui se retrouve sur une amélioration de l'activité de M2 : 30 – 13 = 17

Corrigé de l'exercice 2.4 (Johnson généralisé)

1. Algorithme d'ordonnancement pour minimiser le temps global

Pour trouver l'ordre des fabrications, nous devons appliquer l'algorithme de Johnson généralisé. Pour cela il faut s'assurer que tous les moyens sont bien utilisés en séquence. Il suffit qu'un seul ne réponde pas à cette condition pour que l'algorithme ne s'applique pas.

2. Ordre de fabrication des 8 produits en appliquant cet algorithme

Pour chaque fabrication :

- Faire la somme des phases (N)
- Calculer x = N – dernière phase (somme des n – 1 premières phases)
- Calculer y = N – première phase (somme des n – 1 dernières phases)
- Calculer le rapport $k = \frac{x}{y}$
- L'ordre des fabrications est défini par l'ordre croissant de ce rapport k.

Appliqué à l'exercice, nous trouvons :

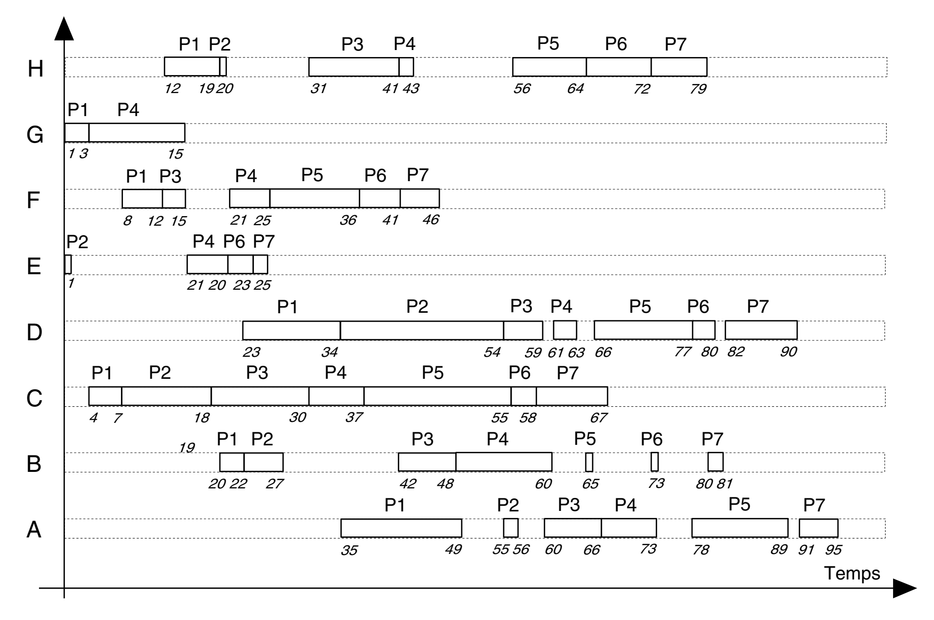
	A	B	C	D	E	F	G	H
P1	15	3	4	12		5	3	7
P2	2	5	11	20	1			1
P3	7	7	12	5		3		11
P4	7	12	7	3	5	5	12	2
P5	12	1	18	12		11		9
P6		1	3	3	3	5		8
P7	5	2	9	9	2	5		7
Σ	48	31	64	64	11	34	15	45
x = Σ(n–1 prem)	43	29	55	55	9	29	3	38
y = Σ(n–1 dern)	33	28	60	52	10	29	12	38
x/y	1,30	1,03	0,92	1,05	0,90	1	0,25	1

Ce qui nous donne l'ordre de fabrication suivant : G, E, C, F, H, B, D, A

3. Planning prévisionnel de réalisation des fabrications

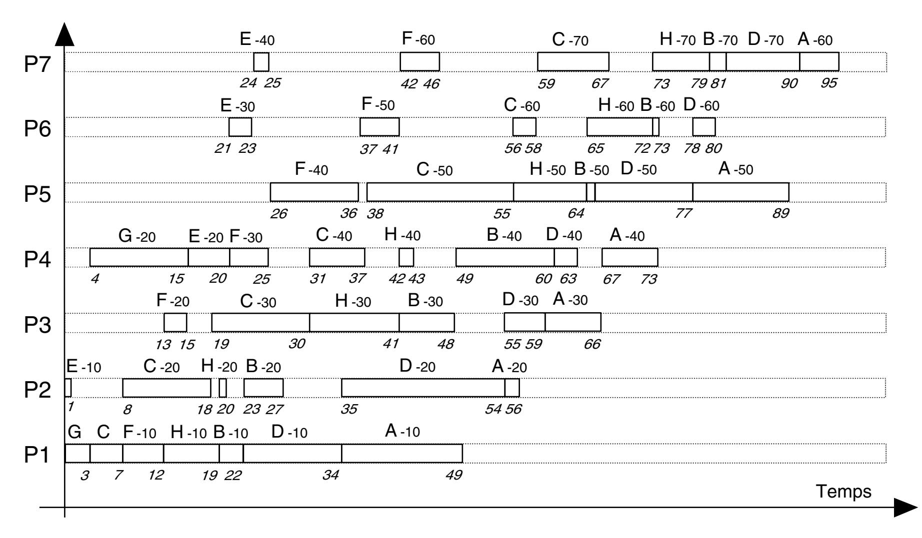
Le jalonnement se fait au plus tôt dans l'ordre donné par l'algorithme de Johnson généralisé.

3.1. *Produits en ordonnées (planning destiné au service commercial)*



Remarque : *Nous pouvons noter, dans ce type de planning, la difficulté de voir la disponibilité des moyens lorsque l'on place une commande sur le planning.*

3.2. *Moyens en ordonnées (planning destiné à l'atelier)*



Remarque : *Ces deux plannings sont indispensables dans l'entreprise. Toutefois, compte tenu de la difficulté que nous avons rencontrée lors de l'élaboration du planning avec les produits en ordonnées, dans l'entreprise on établira en premier le planning d'utilisation des moyens et nous en dédierons le planning de réalisation des produits.*

Corrigé de l'exercice 2.5 (Calcul et lissage de charges)

1. Calcul des différents taux du poste

1.1. *Capacités du poste*

La capacité réelle de fabrication des lundi, mardi, mercredi et jeudi est de :

7 h – 0,5 h (arrêts divers) = 6,5 heures.

Pour le vendredi, la capacité réelle de fabrication est de :

7 h – 0,5 h (arrêts divers) – 0,5 h (entretien hebdomadaire) = 6 heures.

Pour les semaines 2006-40 à 2006-45, sauf la semaine 95-44, nous avons donc une capacité réelle de : (6,5 h × 4 jours) + 6 h = 32 heures.

Pour la semaine 95-44, nous avons un jour férié (le 1er novembre) ce qui nous donne une capacité réelle de : (6,5 h × 3 jours) + 6 h = 25,5 heures.

1.2. *Taux de chargement de ce poste*

Semaine	2006-40	2006-41	2006-42	2006-43	2006-44	2006-45
Capa théorique (h)	35	35	35	35	28	35
Capa Réelle (h)	32	32	32	32	25,5	32
Σ Charges (h)	33	28	26	35	24	37
Charges prévues (h)	OF10 5,00	OF16 10,00	OF11 7,00	OF17 3,00	OF19 7,00	OF21 8,00
	OF15 9,00	OF09 8,00	OF18 6,00	OF22 10,00	OF23 8,00	OF26 5,00
	OF12 7,00	OF13 10,00	OF20 8,00	OF27 7,00	OF25 9,00	OF28 7,00
	OF14 4,00		OF24 5,00	OF30 7,00		OF29 9,00
	OF32 8,00			OF31 8,00		OF33 8,00
Taux chargement	103,13%	87,50%	81,25%	109,38%	94,12%	115,63%
Taux Utilisation	94,29%	80,00%	74,29%	100,00%	85,71%	105,71%
Taux Disponibilité	91,43%	91,43%	91,43%	91,43%	91,07%	91,43%

1.3. *Périodes de surcharge et de sous-charge du poste*

On en déduit les périodes de surcharge de ce poste (taux de charge > 100 %) : Ces zones sont en grisé sur le tableau précédent. toutes les autres périodes sont en sous-charge.

Périodes de surcharge : Semaines 2006-40, 2006-43 et 2006-45

Périodes de sous-charge : Semaines 2006-41, 2006-42 et 2006-44

2. Sens des décalages d'OF pour effectuer un lissage de charge

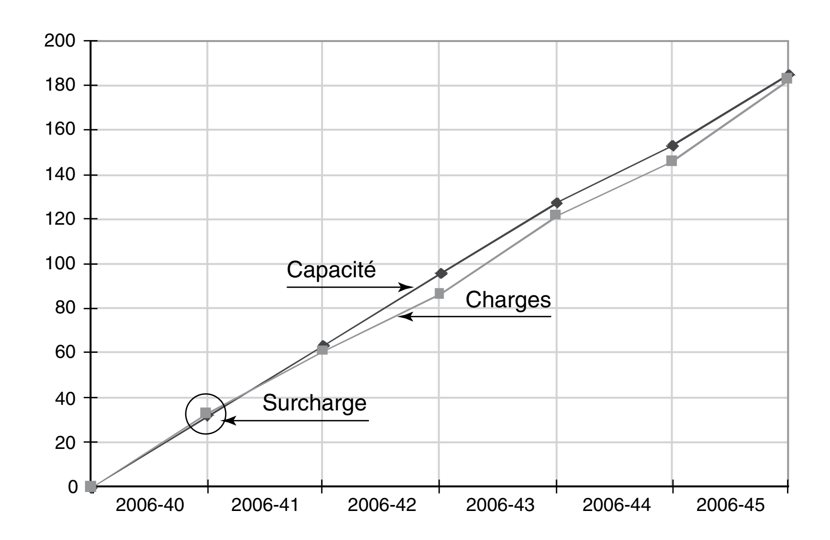
Si nous souhaitons décaler des OF pour effectuer un lissage, il faut le faire par l'amont car les OF ont été planifiés au plus tard. Cela revient à anticiper les besoins.

3. Faisabilité d'un lissage de charge par décalage d'OF

La vérification de la faisabilité de lissage par décalage consiste à comparer les courbes cumulées des capacités et charges sur la période.

	2006-40	2006-41	2006-42	2006-43	2006-44	2006-45
Capacité	32,00	32,00	32,00	32,00	25,50	32,00
Capacités cumulées	32,00	64,00	96,00	128,00	153,50	185,50
Charges	33,00	28,00	26,00	35,00	24,00	37,00
Charges cumulées	33,00	61,00	87,00	122,00	146,00	183,00

D'après le graphique des charges et des capacités cumulées, nous constatons que toute surcharge ponctuelle est lissable car le cumul des charges est toujours inférieur au cumul des capacités.



4. Planning des fabrications

Le lissage des charges consiste à prendre toute décision sur les lancements d'OF qui conduit à éliminer toute surcharge de poste et cherche à diminuer la sous-charge des postes. Il faut d'abord chercher à décaler les fabrications (ne conduit qu'à une augmentation des en-cours) avant d'envisager d'autres solutions (Sous-traitance, heures supplémentaires…).

Nous proposons d'avancer :

l'OF 17 de la semaine 2006-43 à la semaine 2006-41 et

l'OF 26 de la semaine 2006-45 à la semaine 2006-42

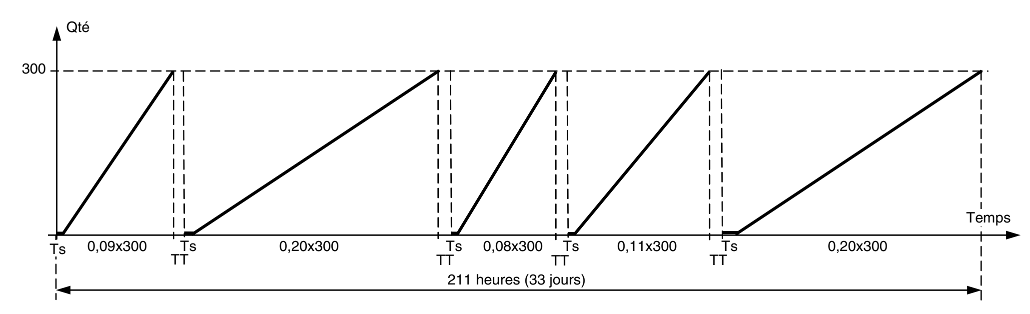
La courbe des charges cumulées et le résultat du décalage des OF nous démontrent que nous avons une surcharge non décalable d'une heure en semaine 2006-40. Il faut donc prévoir une heure supplémentaire cette semaine-là.

Semaine	2006-40		2006-41		2006-42		2006-43		2006-44		2006-45	
Capacité (h)	32		32		32		32		25,5		32	
Charges (h)	OF10	5,00	OF16	10,00	OF11	7,00	OF22	10,00	OF19	7,00	OF21	8,00
	OF15	9,00	OF09	8,00	OF18	6,00	OF27	7,00	OF23	8,00	OF28	7,00
	OF12	7,00	OF13	10,00	OF20	8,00	OF30	7,00	OF25	9,00	OF29	9,00
	OF14	4,00	OF17	3,00	OF24	5,00	OF31	8,00			OF33	8,00
	OF32	8,00			OF26	5,00						
Σ Charges (h)	33,00		31,00		31,00		32,00		24,00		32,00	
Heures supp	1											

Corrigé de l'exercice 2.6 (Optimisation gamme)

1. Durée de fabrication « maximum » (sans chevauchement)

1.1. *Graphique de la durée en fonction du temps*



1.2. *Calculer cette durée*

Durée = $0{,}15 + (0{,}09 \times 300) + 1{,}5 + 0{,}30 + (0{,}20 \times 300) + 2 + 0{,}15 + (0{,}08 \times 300) + 1 + 0{,}20 + (0{,}11 \times 300) + 1 + 0{,}70 + (0{,}20 \times 300)$

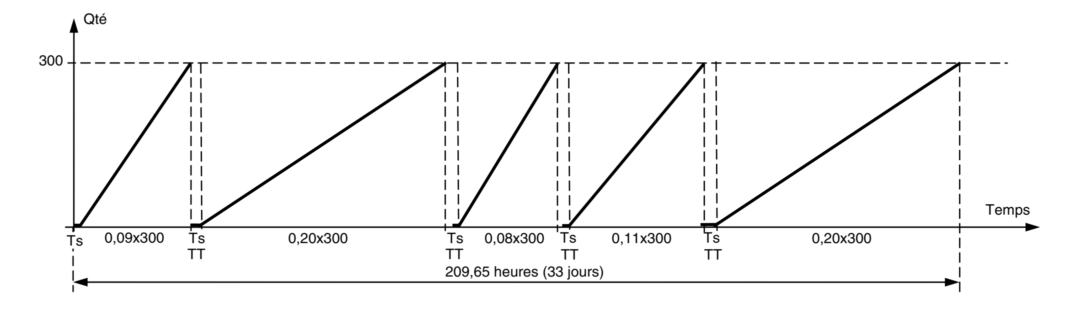
Durée = $0{,}15 + 27 + 1{,}80 + 60 + 2{,}15 + 24 + 1{,}20 + 33 + 1{,}70 + 60 = 211$ heures

Durée = $\dfrac{211}{6{,}5} = 33$ jours

2. Durée de fabrication avec chevauchement des temps série

Une première optimisation consiste à anticiper le réglage du poste (temps série masqué) afin de pouvoir commencer à fabriquer dès l'arrivée des pièces.

2.1. *Graphique de la durée en fonction du temps*



2.2. *Calculer cette durée (en jours ouvrables)*

Durée = $0{,}15 + (0{,}09 \times 300) + 1{,}5 + (0{,}20 \times 300) + 2 + (0{,}08 \times 300) + 1 + (0{,}11 \times 300) + 1 + (0{,}20 \times 300)$

Durée = $0{,}15 + 27 + 1{,}50 + 60 + 2 + 24 + 1 + 33 + 1 + 60 = 209{,}65$ heures

Durée = $\dfrac{209{,}65}{6{,}5} = 33$ jours

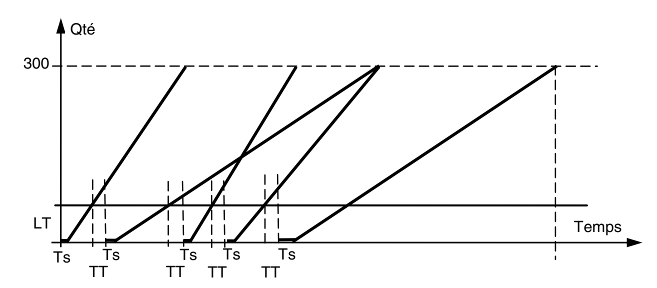
Commentaire : *Les temps série étant faibles, une anticipation des réglages machine n'apporte pas d'amélioration*

3. Durée de fabrication avec lot de transfert sans chevauchement des temps série

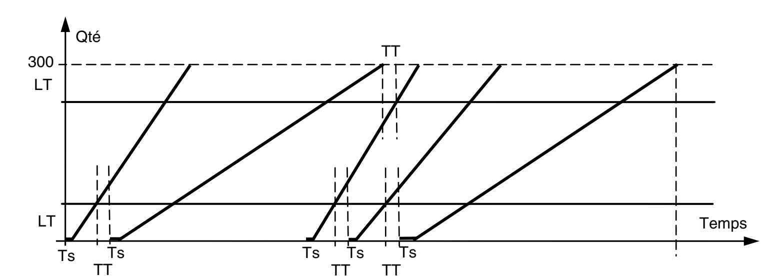
Une autre optimisation consiste à transmettre les pièces d'un poste à l'autre par lots de transfert.

3.1. ***Graphique de l'évolution de la durée en fonction du temps et du lot de transfert***

En réalisant ce graphique, nous remarquons qu'il y a au moins un point de rupture entre la phase 20 et la phase 30.



Il est nécessaire, dans la construction de ce graphe, de s'assurer que toutes les pièces sont traitées. Lorsque le temps opératoire d'une phase est plus faible que le temps opératoire de la phase précédente, il faut synchroniser les pièces « par le haut ». Ce qui nous donne :



3.2. ***Équation de la durée de fabrication en fonction de la taille du lot de transfert (LT)***

Durée = $Ts_{\varphi 10} + Top_{\varphi 10} \times LT + TT_{\varphi 10-\varphi 20} + Ts_{\varphi 20} + Top_{\varphi 20} \times Q + TT_{\varphi 20-\varphi 30} - Top_{\varphi 30} \times (Q - 2\,LT) + TT_{\varphi 30-\varphi 40} + Ts_{\varphi 40} + Top_{\varphi 40} \times LT + TT_{\varphi 40-\varphi 50} + Ts_{\varphi 50} + Top_{\varphi 50} \times Q$

Durée = $(Ts_{\varphi 10} + TT_{\varphi 10-\varphi 20} + Ts_{\varphi 20} + TT_{\varphi 20-\varphi 30} + TT_{\varphi 30-\varphi 40} + Ts_{\varphi 40} + TT_{\varphi 40-\varphi 50} + Ts_{\varphi 50}) + LT \times Top_{\varphi 10} + 2\,Top_{\varphi 30} + Top_{\varphi 40}) + Q \times Top_{\varphi 20} - Top_{\varphi 30} + Top_{\varphi 50})$

Application numérique :

Durée = $(0{,}15 + 1{,}50 + 0{,}30 + 2{,}00 + 1{,}00 + 0{,}20 + 1{,}00 + 0{,}70) + LT \times 0{,}09 + 2 \times 0{,}08 + 0{,}11) + Q \times 0{,}20 - 0{,}08 + 0{,}20)$

Durée = $6{,}85 + 0{,}36\,LT + 0{,}32\,Q$

3.3. ***Durée de fabrication pour Q = 300 et LT = 100***

Durée = $6{,}85 + 0{,}36 \times 100 + 0{,}32 \times 300 = 6{,}85 + 36 + 96 = 138{,}85$ heures

Durée = $\dfrac{138{,}85}{6{,}5} = 22$ jours

3.4. ***Lot de transfert pour réaliser cet OF en 20 jours ouvrables***

Durée = $102{,}85 + 0{,}36\,LT = 6{,}5 \times 20 = 130$ heures

$LT = \dfrac{130 - 102{,}85}{6{,}5} = 75$ pièces

3.5. *Durée minimum de réalisation*

La durée minimum de réalisation est obtenue lorsque le lot de transfert = 1 pièce

Durée = 102,85 + 0,36 = 103,21 heures

Durée = $\frac{103,21}{6,5}$ = 16 jours

Corrigé de l'exercice 2.7 (Kanban)

1. Détermination de la taille des containers

Rappel : *Tous les containers d'une même pièce sortant d'un poste contiennent le même nombre de pièces.*

Une étude des possibilités des tailles des containers nous montre les combinaisons suivantes :

Entre M1 et M2		Entre M1 et M3		Entre M1 et M4	
Nb Kanbans	Nb Pièces	Nb Kanbans	Nb Pièces	Nb Kanbans	Nb Pièces
1	30	1	45	1	105
2	15	3	15	3	35
3	10	5	9	5	21
5	6	9	5	7	15
6	5	15	3	15	7
10	3	45	1	21	5
15	2			35	3
30	1			105	1

Nous constatons que les solutions possibles sont des containers de 15, 5, 3 ou 1 pièces.
Comme nous devons avoir des containers de plus de 6 pièces, chaque container contiendra 15 pièces.

2. Nombre de containers en circulation entre chaque poste

- Entre M1 et M2 nous aurons 2 containers
- M1 et M3 3 containers
- M1 et M4 7 containers.

3. Nombre d'emplacements Kanbans à prévoir

Nous devons prévoir, pour cette pièce, une place par container en circulation. Il faut donc prévoir 12 emplacements Kanbans pour cette pièce dans le TOP de la machine M1.

Corrigé de l'exercice 2.8 (OPT)

1. Cadence journalière de la chaîne

- Cadence journalière de chaque poste

La cadence d'un poste correspond aux nombres de pièces que ce poste peut réaliser par heure. Ici, nous obtenons donc :

Cadence de M1 : $\frac{8}{0,5}$ = 16 pièces/heure

Cadence de M2 : $\frac{8}{0,42}$ = 19 pièces/heure

Cadence de M3 : $\frac{8}{0,53}$ = 15 pièces/heure

- Cadence journalière de la chaîne

La cadence journalière de la chaîne est égale à la plus petite cadence des postes la constituant. En conséquence, on en déduit que cette chaîne est capable de produire 15 pièces par heure.

2. Poste goulot de la chaîne

Le poste M3 est le poste goulot car c'est celui :

- qui va le moins vite ou
- qui a le temps de fabrication le plus long.

3. Valeurs des temps morts sur les postes non-goulots

Les temps morts correspondent aux temps d'inoccupation des postes.

Temps mort de M1 :	$8 - (15 \times 0{,}5)$	$= 8 - 7{,}5$	$= 0{,}5$ heure
Temps mort de M2 :	$8 - (15 \times 0{,}42)$	$= 8 - 6{,}3$	$= 1{,}7$ heure.

Corrigé de l'exercice 2.9 (OPT)

1. Recherche de la machine goulot

Dans une production régulière sur une ligne de fabrication, le débit de la chaîne est égal au débit du plus faible maillon.

Le poste goulot est donc celui qui va le moins vite, c'est-à-dire celui sur lequel le travail dure le plus longtemps.

Temps d'utilisation de chaque poste pour une pièce de cette commande :

À = 10 min   B = 5 + 15 = 20 min   C = 10 min   D = 15 min

Le poste goulot est donc le poste B.

2. Cadence horaire de la chaîne

Compte tenu de la réponse précédente, nous ferons : $\frac{60}{20} = 3$ pièces par heure

3. Durée du cycle de fabrication de la commande

Durée = $(10 \times 100) + (5 \times 100) + (10 \times 100) + (15 \times 100) + (15 \times 100) = 5\,500$ min

Soit 91 heures 40 minutes.

4. Diminution ce cycle de fabrication sans diminuer le temps opératoire

4.1. *Diminuer du cycle de fabrication sans diminuer le temps opératoire de chaque phase*

Il est possible de diminuer le cycle de fabrication en adoptant une taille de lot de transfert inférieur à la taille du lot de fabrication.

4.2. *Cycle de fabrication minimum (En heures et minutes)*

Ce cycle minimum est atteint lorsque le lot de transfert est égal à 1. Il est alors égal à :

$(25 \times 1) + (20 \times 100) = 2\,025$ minutes   Soit 33 heures 45 minutes

4.3. *Règle OPT justifiant la proposition*

Règle 7 : *Souvent, le lot de transfert ne doit pas être égal au lot de fabrication.*

5. Nombre de pièces induites par la décision

Comme le poste A n'est pas affecté pendant 20 heures à la fabrication de ce type de pièces,

celui-ci pourra faire pendant ce temps : $\frac{20 \times 60}{10}$ = 120 pièces. Cette décision aura permis de générer 20 pièces supplémentaires dans le stock.

***Règle 2 :** Le niveau d'utilisation d'un non-goulet n'est pas déterminé par son propre potentiel mais par d'autres contraintes du système.*

***Règle 3 :** Utilisation et plein emploi d'une ressource ne sont pas synonymes.*

6. Étude de la nouvelle machine goulot

Le poste D n'ayant que 70% de sa capacité nominale, ne pourra produire par heure que :

$$\frac{60 \times 0{,}70}{15} = 2{,}8 \text{ pièces par heure}$$

Cette cadence étant inférieure à la plus petite cadence précédente, c'est maintenant D qui devient poste goulot.

Corrigé de l'exercice 2-10 (Méthode des chaînons)

1. Bâtir le tableau des chaînons.

Recherche du nombre de transferts

								Quantités (N)		
Produits	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	N/mois	N/transfert	Nb transferts
1	C	I	G	A				1 000	100	10
2	D	G	L	E				2 000	200	10
3	K	J	A	G	I			2 400	100	24
4	A	K	G	D	F			800	200	4
5	L	I	D	H	A			1 400	200	7
6	B	J	A	H	F	D	G	8 000	200	40
7	B	K	G	D	A	H	F	600	100	6
8	L	C	E					1 800	100	18

	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
A		4	24 40		7 6 40	10 24			6			**5** / **161**
B		6	40								**2** / **46**	
C	18			10				18		**3** / **46**		
D				7	7	10 40 4 6	4 40		**5** / **124**			
E	10							**2** / **28**				
F					40 6		**2** / **90**					
G	10	4 6		10 24		**5** / **148**						
H					**3** / **106**							
I	7			**4** / **58**								
J		24	**3** / **128**									
K		**4** / **44**										
L	**4** / **45**											

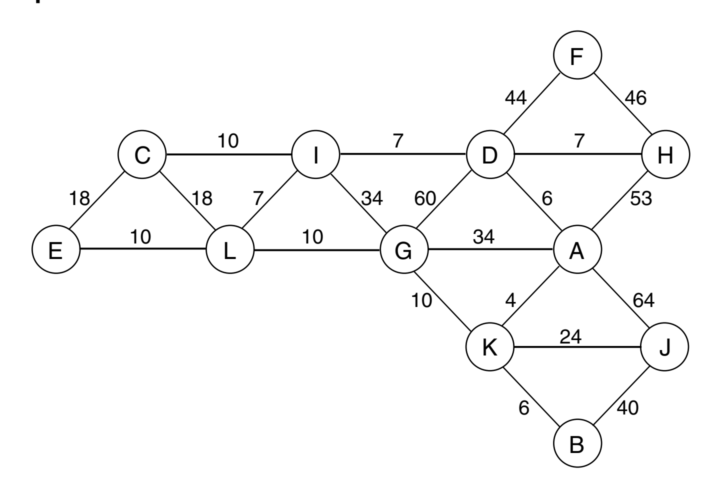
2. Ordre d'implantation

Nous trions ce tableau avec comme critères :

- 1[er] critère : Nombre de chaînons
- 2[e] critère : Nombre de liaisons

Appliqué à l'exercice, nous trouvons l'ordre suivant : A(5/161), G(5/148), D(5/124), I(4/58), L(4/45), K(4/44), J(3/128), H(3/106), C(3/46), F(2/90), B(2/46), E(2/28)

3. Canevas d'implantation



Corrigé de l'exercice 3.1 (Gestion des stocks)

1. Analyse de l'immobilisation financière en stock trop importante

1.1. *Analyse ABC pour identifier les produits les plus importants*

L'immobilisation financière en stock étant trop importante, il faut effectuer une analyse ABC sur le critère « Prix Unitaire × Quantité en stock ».

1.2. *Stock mort d'un produit d'utilisation courante*

Le stock mort d'un produit est la part du stock de ce produit qui n'est jamais utilisée. Pour un produit d'utilisation courante ce stock mort est généralement dû à la présence d'un stock de sécurité qui n'est jamais utilisé.

2. Analyse de la codification actuelle

2.1. *Nombre d'articles en stock référencés avec le code utilisé*

Si on se limite à vingt familles de produits, le nombre total d'articles que l'on peut référencer avec le code actuellement employé est de 20 × 99 = 1 980 articles.

2.2. *Proposition d'une nouvelle structure du code*

Sans grand changement, il serait conseillé d'utiliser un code de structure « A999 » qui nous permettrait de référencer 20 × 999 = 19 980 articles.

3. Prix unitaire de l'unité de gestion d'une plaque d'époxy

Les plaques d'époxy sont achetées par plaques et gérées en dm^2 en stock. Ces plaques sont achetées 48 € et ont une superficie de $10 \times 12 = 120$ dm^2. L'unité de gestion étant le dm^2, son prix unitaire est donc de $\frac{48}{120} = 0{,}40$ €.

4. Initialisation des données techniques du circuit imprimé C25

4.1. *Nombre maximum de circuits imprimés réalisés dans une plaque d'époxy*

Suivant la disposition du circuit dans la plaque, il est possible de réaliser :

- $E\left[\frac{10}{1{,}6}\right] \times E\left[\frac{12}{2{,}3}\right] = 6 \times 5 = 30$ circuits C25
- $E\left[\frac{10}{2{,}3}\right] \times E\left[\frac{12}{1{,}6}\right] = 4 \times 7 = 28$ circuits C25

Nous voyons donc que nous pouvons réaliser, au maximum, 30 circuits C25 dans une plaque d'époxy.

4.2. *Quantification du lien de nomenclature du circuit imprimé*

La superficie d'un circuit imprimé est de $1{,}6 \times 2{,}3 = 3{,}68$ dm^2. L'UG de la plaque d'époxy étant le dm^2, le lien de nomenclature s'écrit donc de la manière suivante :

Composé	Composant	Quantité	Perte
C25	E12	3,68	

4.3. *Taux de perte de la plaque d'époxy E12*

La superficie d'un circuit imprimé est de $1{,}6 \times 2{,}3 = 3{,}68$ dm^2 mais, en fait, chaque circuit utilise $\frac{120}{30} = 4$ dm^2.

Comme nous savons que $3{,}68 = 4 \times (1 - \text{perte})$, il est possible d'en déduire que la perte est de $\left(1 - \frac{3{,}68}{4}\right) = 0{,}08$. Le lien de nomenclature s'écrit donc maintenant de la manière suivante :

Composé	Composant	Quantité	Perte (%)
C25	E12	3,68	8

4.4. *Coût matière (plaque d'époxy) pour la réalisation d'un circuit C25*

Le coût matière peut se calculer de deux manières :

- Comme il est possible de faire 30 circuits C25 dans une plaque d'époxy E12, chaque circuit utilise $\frac{48}{30} = 1{,}60$ € de plaque époxy
- En valorisant le lien de nomenclature, nous obtenons :

$$0{,}40 \times \frac{3{,}68}{1 - 0{,}08} = 1{,}60 \text{ € de plaque époxy}$$

5. Vérification des données d'approvisionnement

5.1. *Quantité économique d'approvisionnement du produit B25*

La quantité économique, calculée grâce à la formule de Wilson est égale à :

$$Qe = \sqrt{\frac{2\text{ N Cl}}{\text{t Pu}}}$$

Consommant 50 pièces par semaines, N est égal à $\left(50 \times \frac{240}{5}\right) = 2\,400$ pièces.

Par application numérique, nous trouvons Qe = $\sqrt{\frac{2 \times 2\,400 \times 80}{0{,}20 \times 3{,}00}} = 800$ pièces

5.2. *Coût de passation d'une commande d'approvisionnement*

Partant de la quantité économique Qe = $\sqrt{\frac{2\text{ N Cl}}{\text{t Pu}}}$, on en déduit la valeur de Cl

$$\text{Cl} = \frac{\text{Qe}^2\text{t Pu}}{2\text{N}}.$$

L'application numérique, nous donne Cl = $\frac{600^2 \times 0{,}20 \times 3{,}00}{2 \times 2\,400} = 45$ €.

5.3. *À partir des données annoncées par l'acheteur :*

5.3.1. Nombre annuel de commandes du produit B25

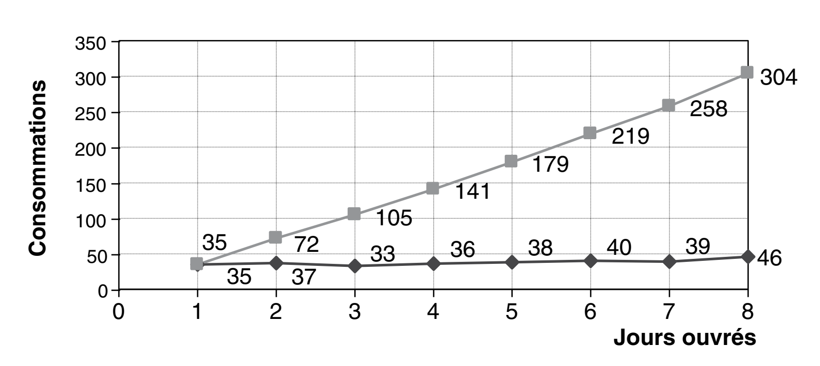
Comme l'entreprise utilise 2 400 pièces par an, l'acheteur passera $\frac{2\,400}{600} = 4$ commandes, soit une commande par trimestre.

5.3.2. Couverture moyenne du produit B25

La consommation de ce produit étant de 50 pièces par semaine, la consommation moyenne journalière Cmj = $\frac{50}{5} = 10$ pièces. Avec une quantité d'approvisionnement de 600 pièces, la couverture moyenne sera de $\frac{600}{10} = 60$ jours (12 semaines).

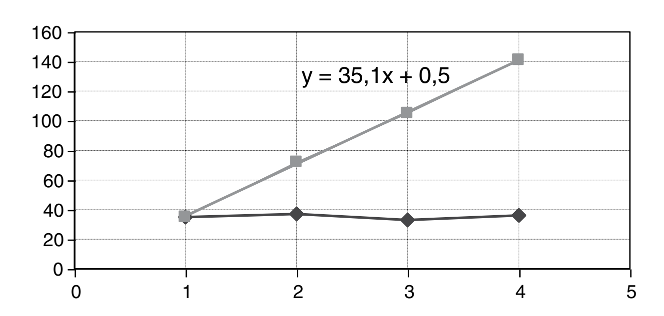
6. Politique d'approvisionnement du produit « F86 »

6.1. *Graphe des consommations cumulées du produit F86*



6.2. *Consommation moyenne hebdomadaire du produit F86*

6.2.1. Consommation moyenne hebdomadaire du mois M – 2

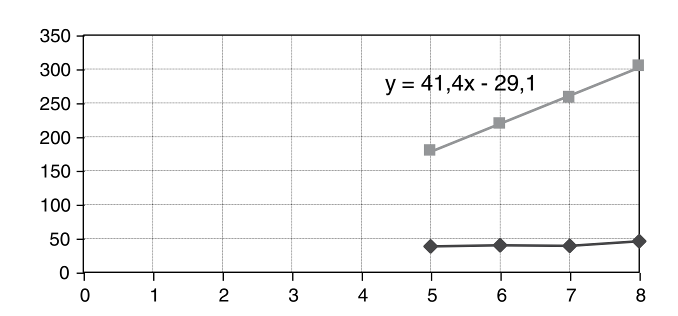


L'analyse des 4 premiers points nous donne :

X	Y	Ycum	X²	XY
1	35	35	1	35
2	37	72	4	144
3	33	105	9	315
4	36	141	16	564
10		353	30	1 058

Donc : $a = \dfrac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} = \dfrac{4 \times 1\,058 - 10 \times 353}{4 \times 30 - (10)^2}$ = 35,1 pièces/semaine.

6.2.2. Consommation moyenne hebdomadaire du mois M – 1



L'analyse des 4 points suivants nous donne :

X	Y	Ycum	X²	XY
5	38	179	25	895
6	40	219	36	1 314
7	39	258	49	1 806
8	46	304	64	2 432
26		960	174	6 447

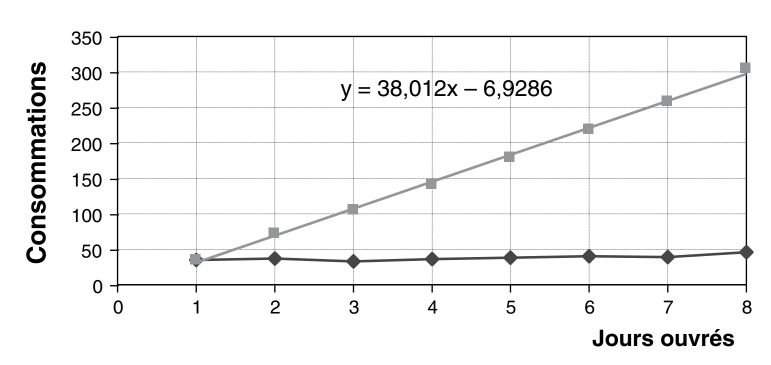
Donc : $a = \dfrac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} = \dfrac{4 \times 6\,447 - 26 \times 960}{4 \times 174 - (26)^2}$ = 41,4 pièces/semaine.

6.2.3. Tendance de consommation du produit F86

L'analyse des consommations moyennes par analyse séparée de 2 mois nous montre une tendance croissante de la consommation.

6.3. *Consommation moyenne hebdomadaire pour les prévisions*

6.3.1. Consommation moyenne hebdomadaire étudiée sur 2 mois



L'analyse doit être faite sur la totalité des points :

X	Y	Ycum	X²	XY
1	35	35	1	35
2	37	72	4	144
3	33	105	9	315
4	36	141	16	564
5	38	179	25	895
6	40	219	36	1 314
7	39	258	49	1 806
8	46	304	64	2 432
36		1 313	204	7 505

Donc : $a = \dfrac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} = \dfrac{8 \times 7\,505 - 36 \times 1\,313}{8 \times 204 - (36)^2}$ = 38,012 pièces/semaine.

6.3.2. Précautions à prendre pour le produit F86

Compte tenu de la tendance croissante de la consommation, si nous utilisons une Consommation moyenne de 38 pièces par semaine pour établir nos prévisions, il est indispensable de prévoir un stock de sécurité.

7. Calcul des besoins selon la méthode MRP

7.1. *Durée de l'horizon figé de cette entreprise*

L'entreprise effectuant un calcul des besoins toutes les 2 semaines, l'horizon figé est donc de 2 semaines.

7.2. *Calcul des besoins pour la période d'étude*

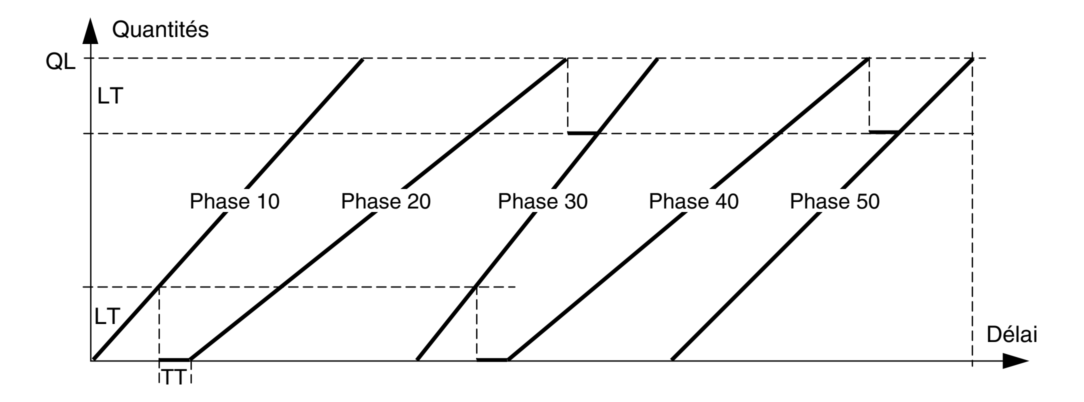
Chaque produit étant géré à l'unité, les valeurs ont été arrondies à l'unité la plus proche lors de la prise en compte des rebuts.

Cas d'emploi	Périodes (Unité : sem) ⇒						M/S1		M/S2		M/S3		M/S14		M+1/S1		M+1/S2		M+1/S3		M +1/S4	
	Nomen-clature			Réf Produit		*Rng*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*
						A/F	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*
	C^{sant}	$Q^{té}$	*Perte*	*LT1*	Q_{max}	*Dél*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*
				Born	Q_{min}	S_s	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*
				LT2	*Reb*	*Stck*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*
				D12		n																
						F																
	B13 E14	1 2	5 0																			
							40		60		100		120		30		30		30		70	
				B13		n +1	42	78	63	15	105	-90	126	-81	32	22	32	-10	32	93	74	19
						F						100		90				11				
D12				150	–	2						150		150				150				
				150	150	0						135		135				135				
				150	10	120	150	78	150	15		45	150	54		22		125		93		19
				E14		n+1	80	50	120	-70	200	-170	240	-210	60	30	60	-30	60	10	140	-130
						A				70		170		210				30				130
D12				100	–	1				100		200		300				100				200
				100	100	20				100		200		300				100				200
				100	0	150	100	70	200	50	300	50		110	100	50		90	200	30		90

Corrigé de l'exercice 3.2 (Délais, Coûts)

1. Délai de fabrication de 100 pièces (lot transfert = lot fabrication)

1.1. *Graphe de réalisation*



1.2. *Équation du délai de fabrication en fonction de QL, LT et TT*

Délai (en ch) = 9 LT + TT + 12,5 QL + TT + 8 (2 LT – QL) + TT + 12 QL + TT + 10 LT

Délai (en ch) = 16,5 QL + 35 LT + 4 TT

1.3. *Application numérique*

QL = 100 LT = 100 TT = 100

Délai (en ch) = 1 650 + 3 500 + 400 = 5 500 ch soit 55,50 heures

Sachant qu'on a 6,5 heures œuvrées par jour, le délai devient :

Délai = 55,50/6,50 = 8,53846 jours soit 9 jours ouvrés

2. Lot de transfert pour réaliser 100 pièces en 6 jours ouvrés

La formule obtenue précédemment ($\text{Délai}_{\text{heures}}$ = 2 050 + 35 LT) nous permet de calculer le lot de transfert permettant d'atteindre un délai fixé. Ici, nous souhaitons réaliser 100 pièces en 6 jours (6 × 6,50 = 39 heures)

Délai = 2 050 + 35 LT = 39 heures

$$\text{Donc LT} = \frac{2\,050 - 39}{35} = 52{,}86 \qquad \text{soit 52 pièces}$$

Le délai sera donc de Délai = 20,50 + (0,35×52) = 38,70 heures soit 6 jours ouvrés

3. Révision de la politique de lancement en fabrication

3.1. *Coût d'usinage unitaire (matière + Main-d'œuvre)*

Coût Main-d'œuvre = (0,09 × 22,87) + (0,125 × 22,87) + (0,08 × 22,87) + (0,12 × 22,87) + (0,10 × 22,87)

Coût Main-d'œuvre = 2,058 + 2,859 + 1,830 + 2,744 + 2,287 = 11,778 €

Coût Matière = 2,30 €

Coût d'usinage = 11,778 + 2,30 = 14,078 €

3.2. *Quantité de lancement en fabrication*

$$Qe = \sqrt{2N\frac{Cl}{t^{*}Pu}} = \sqrt{2 \times 1\,000 \times \frac{68{,}60}{0{,}25 \times 14{,}078}} = 197{,}44 \qquad \text{Soit 197 pièces}$$

Comme l'entreprise souhaite faire des lancements multiples de 100 proches de la quantité économique, la taille du lot de fabrication doit être de 200 pièces.

3.3. *Nombre de lancements par an*

Ayant 1 000 pièces à faire par an, l'entreprise effectuera 1 000/200 = 5 lancements (un tous les 2 mois).

4. Coût unitaire de production :

$$\text{Sachant que } Cu = Pu + \frac{Cl}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + Ss\right) \times t \times Pu}{N}$$

4.1. *Coût unitaire de production pour un OF de 100 pièces*

$$Cu = 14{,}078 + \frac{68{,}60}{100} + \frac{\left(\frac{100}{2}\right) \times 0{,}25 \times 14{,}078}{1\,000} = 15{,}644 \text{ €}$$

4.2. ***Coût unitaire de production pour un OF de 200 pièces***

$$Cu = 14{,}078 + \frac{68{,}60}{100} + \frac{\left(\frac{100}{2}\right) \times 0{,}25 \times 14{,}078}{1\ 000} = 15{,}477\ €$$

4.3. ***Gain annuel avec ce changement de politique***

(15,644 – 15,477) × 1 000 = 0,167 × 1 000 = 167 €

5. Déterminer le taux horaire réel du poste M1

La valeur réactualisée étant de 40 400 €, les frais d'entretien s'élèvent à 40 400 × 0,20 = 8 080 €. La masse salariale étant de 16 312 €, la somme des charges est donc de : 16 312 + 8 080 = 24 392 €.

La capacité réelle du poste étant de 6,5 × 230 = 1 495 heures. L'entreprise prévoyant de vendre 80 % de sa capacité réelle elle espère vendre 1 495 × 0,8 = 1 196 heures.

Ceci nous donne un coût horaire de : $\frac{24\ 392}{1\ 196}$ = 20,395 € de l'heure.

Corrigé de l'exercice 3.3 (Lancement en production/lot transfert)

1. Nombre de lancements économiques annuels pour chaque gamme

1.1. ***Quantité économique de chaque gamme***

Gamme Principale :

Coût fixe = 150 + (1×25) + (1×20) + (0,5×30) = 210 €

Coût variable = 15 + (0,09×25) + (0,13×20) + (0,08×30) + (0,14×25) = 25,75 €

$$Qe = \sqrt{2 \times 1\ 000 \times \frac{210}{0{,}25 \times 25{,}75}} = 255 \text{ pièces}$$

Gamme de substitution :

Coût fixe = 150 + (1×25) + (2×100) = 375 €

Coût variable = 15 + (0,09×25) + (0,07×100) + (0,10×25) = 26,75 €

$$Qe = \sqrt{2 \times 1\ 000 \times \frac{375}{0{,}25 \times 26{,}75}} = 335 \text{ pièces}$$

1.2. ***Variation du coût de revient unitaire en fonction du nombre de lancements***

Sachant que :

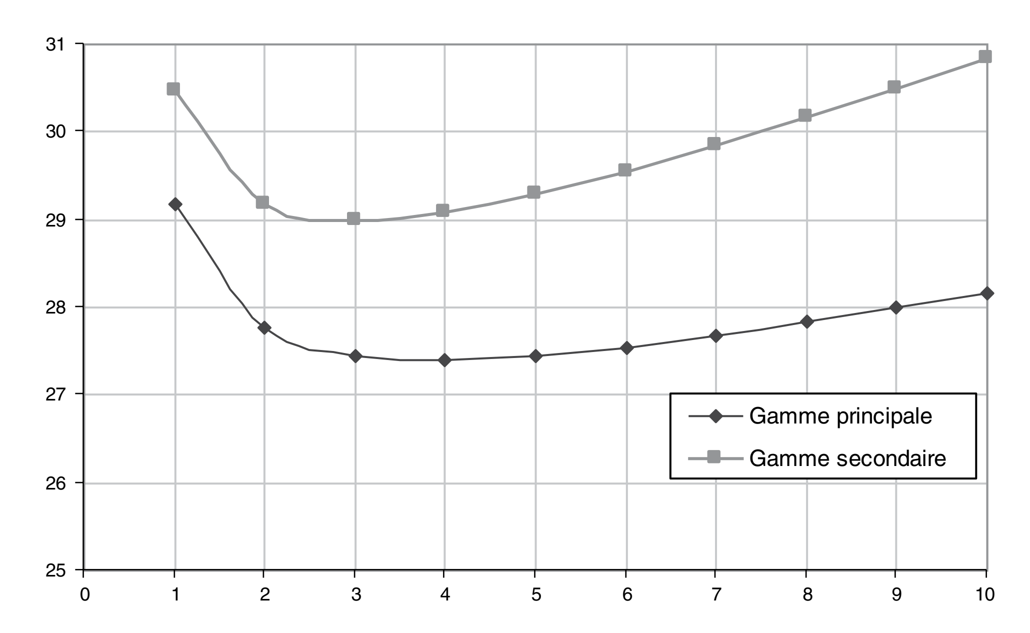
$$Cu = Pu + \frac{Cl}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + Ss\right) \times t \times Pu}{N}$$

et Q = 1 000/n

on détermine le tableau de valeurs suivant :

n	Gamme principale	Gamme de substitution
1	29,17875	30,4688
2	27,77938	29,1719
3	27,45292	28,9896
4	27,39469	29,0859
5	27,44375	29,2938
6	27,54646	29,5573
7	27,67982	29,8527
8	27,83234	30,168
9	27,99764	30,4965
10	28,17188	30,8344

Nous donnant le graphique suivant :



1.3. *Gamme la plus intéressante si on souhaite minimiser les coûts*

L'analyse de ce graphique nous permet de dire que c'est la gamme principale qui minimise les coûts.

2. Analyse des délais de réalisation d'OF (lot de transfert = lot de fabrication)

2.1. *Délai de fabrication d'un OF pour chaque type de gamme*

L'entreprise travaille 7 heures par jour ouvré et on peut estimer à 30 minutes les temps d'arrêt. En conséquence la durée réelle de travail est de 6,5 heures.

Gamme principale

Si nous avons 4 lancements, le lot de fabrication de chaque OF sera de 250 pièces, le délai sera alors :

Délai = 1 + (0,09×250) + 1 + 1 + (0,13×250) + 1 + 0,5 + (0,08×250) + 1 + (0,14×250)

Délai = 115 heures soit 115/6,5 = 18 jours ouvrés

Gamme de substitution

Si nous avons 3 lancements, le lot de fabrication de chaque OF sera de 334 pièces

Délai = 1 + (0,09×334) + 1 + 2 + (0,07×334) + 1 + (0,10×334)

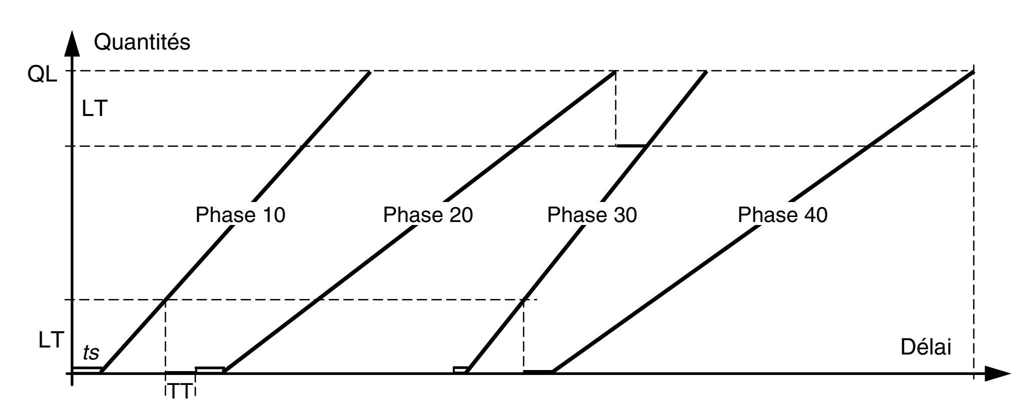
Délai = 91,84 heures soit 91,84/6,5 = 15 jours ouvrés

2.2. *Gamme la plus intéressante si on souhaite minimiser les délais*

Si on souhaite minimiser les délais, c'est la gamme de substitution qui est la plus intéressante

3. Diminution des délais

3.1. *Équation de détermination des délais*



Délai = 1 + 0,09 LT + 1 + 1 + 0,13 LF + 1 + 0,08 LT – 0,08 LF + 0,08 LT + 1 + 0,14 LF

Délai = 5 + 0,25 LT + 0,19 LF

3.2. *Vérification de l'équation*

Avec LT = LF = 250, l'équation devient : Délai = 5 + 62,5 + 47,5 = 115 heures

3.3. *Taille du lot de transfert pour une réalisation en 10 jours ouvrés*

10 jours ouvrés représentent une capacité réelle de 6,5 heures × 10 = 65 heures. Pour un lot de fabrication de 250 pièces l'équation devient :

Délai = 5 + 0,25 LT + 0,19 LF = 52,5 + 0,25 LT = 65 heures

Donc LT = (65 – 52,5)/0,25 = 50 pièces

Corrigé de l'exercice 3.4 (Johnson, Zone économique)

1. Produit fini de cette unité de fabrication

Le produit fini est le produit H car, d'après le fichier des liens, c'est le seul produit qui est composé et non composant.

2. Nombre de produits A, B, C, D et E à fabriquer pendant la semaine S4

La durée de fabrication d'un OF sur un poste de charge est égale à :

Durée = Tps prép + N × Tps opér Ce qui nous donne : $N = \dfrac{\text{Durée} - \text{Tps prépa}}{\text{Tps opér}}$.

En s'appuyant sur les valeurs de l'OF de A sur le poste M1, $N = \dfrac{8 - 0{,}3}{0{,}055} = 140$ A.

Pour vérification, on calcule avec le poste M2 : $N = \dfrac{2 - 0{,}04}{0{,}014} = 140$ A.

Un raisonnement identique nous permet de calculer les quantités fabriquées pour chaque OF :

OF 401 Produit A $N = \dfrac{8 - 0{,}3}{0{,}055} = 140$

OF 402 Produit B $N = \dfrac{6 - 0{,}4}{0{,}04} = 140$

OF 403 Produit C $N = \dfrac{7-0}{0{,}025} = 280$

OF 404 Produit D $N = \dfrac{5-0{,}1}{0{,}0175} = 280$

OF 405 Produit E $N = \dfrac{9-0{,}6}{0{,}06} = 140$

3. Différents taux de chaque poste pour la semaine S4

La capacité théorique de chaque poste pour la semaine S4 est de 40 heures. Chaque opérateur perdant 0,5 heure par jour, la capacité réelle est alors de : 40 – (5 × 0,5) = 37,5 heures.

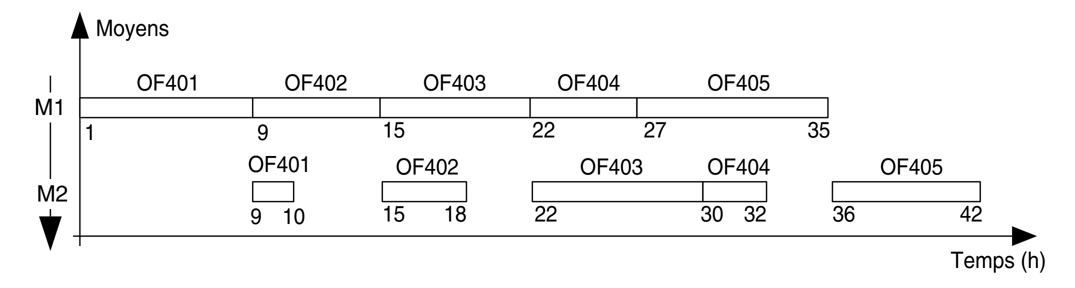
La somme des charges pour la semaine S4 est de :

- pour le poste M1 = 8 + 6 + 7 + 5 + 9 = 35 h
- pour le poste M2 = 2 + 4 + 8 + 3 + 7 = 24 h

Il est possible alors de déterminer les différents taux :

	Poste M1	Poste M2
Taux de charge = $\dfrac{\sum \text{charges}}{\text{Capa réelle}}$	$\dfrac{35}{37{,}5} = 93{,}33\ \%$	$\dfrac{24}{37{,}5} = 64\ \%$
Taux d'utilisation = $\dfrac{\sum \text{charges}}{\text{Capa théorique}}$	$\dfrac{35}{40} = 87{,}50\ \%$	$\dfrac{24}{40} = 60\ \%$
Taux de disponibilité = $\dfrac{\text{Capa réelle}}{\text{Capa théorique}}$	$\dfrac{37{,}5}{40} = 93{,}75\ \%$	$\dfrac{37{,}5}{40} = 93{,}75\ \%$

4. Réalisation des d'OF dans l'ordre des N° d'OF



Ne disposant que de 37,5 heures par poste pour réaliser les OF, il est possible de réaliser tous les OF sur le poste M1. Par contre, il nous manquerait 4,5 heures sur le poste M2 pour tenir nos engagements alors que ce poste est estimé en sous-charge.

5. Réalisation des d'OF dans l'ordre de l'algorithme de Johnson

L1 = Liste d'OF dont le temps sur M1 < au temps sur M2 : OF403

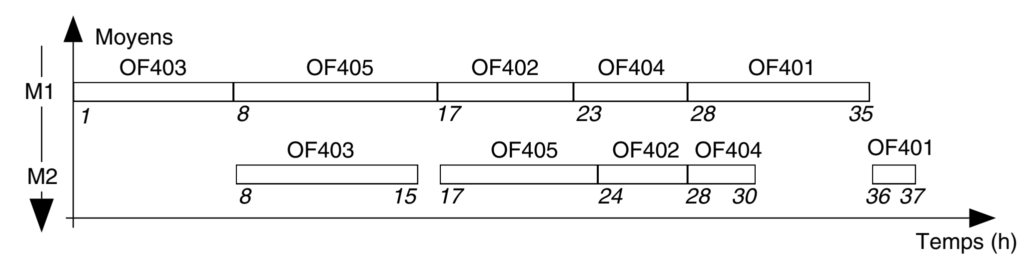
L2 = Liste d'OF dont le temps sur M1 > au temps sur M2 : OF401, OF402, OF404 et OF405

Liste L1 triée par ordre croissant du temps sur M1 = OF403

Liste L2 triée par ordre décroissant du temps sur M2 = OF405, OF402, OF404, OF401

L'ordre des OF suivant l'algorithme de Johnson est : OF403, OF405, OF402, OF404, OF401.

Cet ordre nous donne le Planning suivant :



Disposant de 37,5 heures par poste et par semaine, nous sommes capables de réaliser ces 5 OF en une semaine. Nous tenons donc nos engagements

6. Approvisionnement du boîtier

6.1. *Quantité économique d'approvisionnement de ce boîtier*

$$Q_e = \sqrt{2N\frac{Cl}{t\ Pu}} = \sqrt{2 \times 6\,000 \times \frac{45,74}{0,25 \times 3,04}} = 850 \text{ pièces}$$

6.2. *Nombre de commandes par an*

$$Nb = \frac{N}{Q_e} = \frac{6\,000}{850} = 7 \text{ Cdes/an}$$

6.3. *Coût réel de ce boîtier pour l'entreprise*

Le coût réel d'un produit est égal au prix d'achat du produit augmenté des frais d'approvisionnement et de stockage relatifs à ce produit :

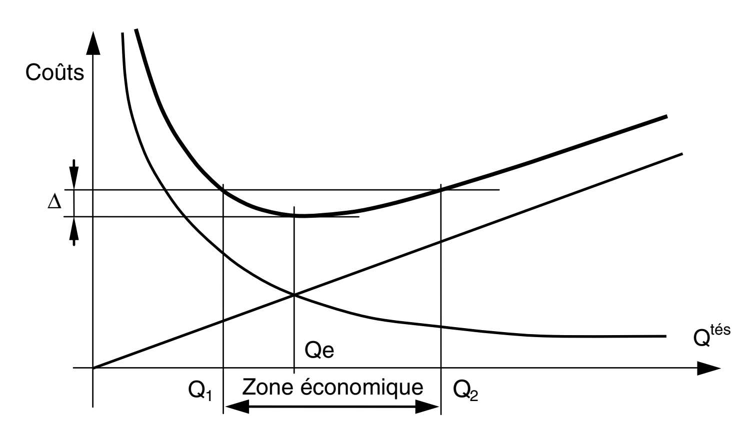
$$Cu = Pu + \frac{Cl}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + Ss\right) \times t \times Pu}{N}$$

$$Cu_{Qe} = 3,04 + \frac{45,74}{850} + \frac{\frac{850}{2} \times 0,25 \times 3,04}{6\,000} = 3,04 + 0,054 + 0,054 = 3,148 \text{ €}$$

7. Approvisionnement de boîtiers à moins de 3,16 €

7.1. *Zone économique d'approvisionnement de ce boîtier*

La zone économique est la zone autour de la quantité économique où le surcoût est pratiquement identique à celui d'un achat par quantité économique.



Nous acceptons un coût unitaire de 3,16 €. Les quantités aux limites de la zone économique répondent à l'égalité suivante :

$$Cu_Q = 3{,}04 + \frac{45{,}74}{Q} + \frac{\frac{Q}{2} \times 0{,}25 \times 3{,}04}{6\ 000} = 3{,}16 \text{ €}$$

Ce qui nous permet de déterminer l'équation du second degré permettant de calculer les 2 valeurs de Q.

$$(45{,}74 \times 6\ 000) + \left(\frac{3{,}04 \times 0{,}25}{2}\right) Q^2 = ((3{,}16 - 3{,}04) \times 6\ 000)\ Q$$

$$0{,}38\ Q^2 - 720\ Q + 274\ 440 = 0$$

$\sqrt{\Delta} = \sqrt{b^2 - 4\ ac} = 318$ Ce qui permet de déterminer les racines : $Q_i = \dfrac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a}$

$Q_1 = \dfrac{720 - 318}{2 \times 0{,}38} = 529$ $Q_2 = \dfrac{720 + 318}{2 \times 0{,}38} = 1\ 366$

7.2. *Tailles de commandes acceptables dans ces conditions*

La zone économique étant comprise entre 529 et 1 366 pièces et le conditionnement étant de 200 pièces, nous pouvons commander par 600, 800, 1 000 ou 1 200 boîtiers sans risque que le coût réel de la pièce soit supérieur à 3,16 €.

8. Remise acceptable

Le fournisseur nous propose de ne passer que 3 commandes par an. Chaque commande doit donc être égale à $\dfrac{6\ 000}{3} = 2\ 000$ boîtiers.

Cette recherche est effectuée pour une commande de 2 000 boîtiers sans stock de sécurité.

Si R est la remise, Pu' = Pu (1 – R)

$$C'u = Pu \times (1-R) + \frac{Cl}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + Ss\right) \times t \times Pu \times (1-R)}{N}$$

L'application numérique nous donne :

$$C'u = 3{,}04 \times (1-R) + \frac{45{,}74}{2\ 000} + \frac{\frac{2\ 000}{2} \times 0{,}25 \times 3{,}04\ \times (1-R)}{6\ 000}$$

$$C'u' = (3{,}04 + 0{,}23 + 0{,}127) - (3{,}04 + 0{,}127)\ R$$

Pour que la remise soit intéressante, il faut que : $C'u \leq Cu$

Donc : $3{,}397 - 3{,}167\ R \leq 3{,}16$ ⇨ $R = \dfrac{3{,}397 - 3{,}16}{3{,}167} \times 100 = 0{,}93$

Toute remise à partir de 1 % est acceptable.

Corrigé de l'exercice 3.5 (Chaise)

1. Pourcentage de pertes matière

Un panneau de contre-plaqué représente une surface de $1{,}20 \times 0{,}90 = 1{,}08\ m^2$.

La partie utile du panneau est de :

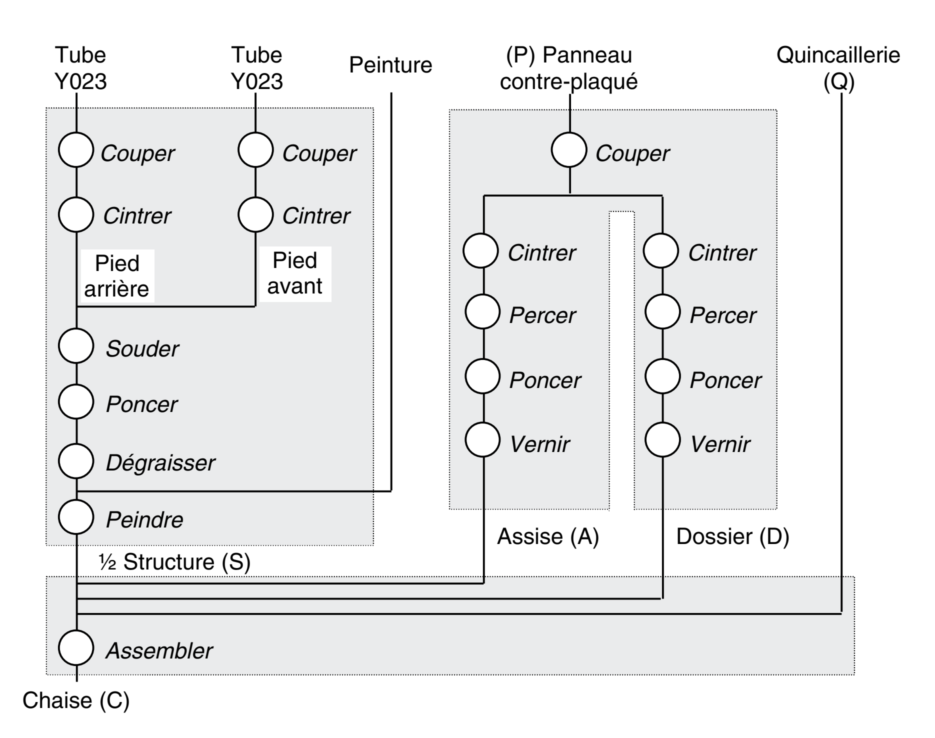
$$((0{,}40 \times 0{,}30) + (0{,}40 \times 0{,}25)) \times 4 = (0{,}12 + 0{,}1) \times 4 = 0{,}88\ m^2.$$

Les chutes ont une surface de $1{,}08 - 0{,}88 = 0{,}2\ m^2$ et représentent donc :

$$\frac{0{,}2}{1{,}08} = 18{,}5\ \%\ \text{d'un panneau}$$

2. Nomenclature de GPAO de la chaise

2.1. *Graphe de flux de la chaise*



2.2. *Produits semi-finis à gérer en stock*

Les produits semi-finis à gérer en stock sont :

- l'assise, le dossier : séparément ou sous forme de kit composé d'une assise et d'un dossier compte tenu du processus opératoire et du fait que ce sont des composants communs quelle que soit la couleur de la chaise.
- la demi-structure peinte : puisque ce composant permet la différenciation de la chaise

2.3. *Fichier des liens*

Des questions précédentes, nous en déduisons les fichiers des liens présentés dans le tableau page suivante :

Composé	Composant	Quantité
À : Assise	P : Panneau	0,1473
C : Chaise	À : Assise	1
C : Chaise	D : Dossier	1
C : Chaise	S : ∫ structure	2
C : Chaise	Q : Quincaillerie	1
D : Dossier	P : Panneau	0,1227
S : 1/2 structure	T : Peinture	?
S : 1/2 structure	Y023 : Tube	?

Composant	Composé	Quantité
S : ∫ structure	C : Chaise	2
À : Assise	C : Chaise	1
D : Dossier	C : Chaise	1
P : Panneau	À : Assise	0,1473
P : Panneau	D : Dossier	0,1227
Q : Quincaillerie	C : Chaise	1
T : Peinture	S : 1/2 structure	?
Y023 : Tube	S : 1/2 structure	?

Si nous devons intégrer les chutes dans la valeur du lien, il faut donc tenir compte du taux de chute. Sachant que la surface utile est égale à :

$$\text{Surface utile} = \text{Surface employée} \times (1 - \text{taux de chute})$$

Donc $$\text{Surface employée} = \frac{\text{Surface utile}}{1 - \text{taux de chute}}$$

Ce qui nous donne :

Pour l'assise : $\frac{0{,}40 \times 0{,}30}{1 - 0{,}185} = 0{,}1473 \text{ m}^2$.

Pour le dossier : $\frac{0{,}40 \times 0{,}25}{1 - 0{,}185} = 0{,}1227 \text{ m}^2$.

Si nous faisons 4 assises et 4 dossiers, nous utiliserons bien un panneau entier ;

Vérification : *(0,1473 + 0,1227) × 4 = 1,08 m²*.

3. Unité de la période MRP à prendre pour le calcul des besoins nets

Tous les temps étant exprimés en jours ouvrés, l'unité de planification à prendre pour le calcul des besoins est le jour ouvré.

4. Cycle de production moyen d'une chaise

Seuls les panneaux de contre-plaqué sont gérés avec MRP, nous nous occuperons donc que des liens utilisant les composants fabriqués à partir de ces panneaux (assise et dossier).

Le cycle de production d'un composant étant égal à :

Délai = Délai d'obtention du produit + Max [délai des composants du niveau inférieur]

Nous en déduisons les délais d'obtention suivants :

Délai Assise = 1 jour + Max [5 jours] = 6 jours

Délai Dossier = 1 jour + Max [5 jours] = 6 jours

Délai Chaise = 1 jour + Max [6 jours, 6 jours] = 7 jours

5. Horizon nécessaire pour prendre en compte tous les besoins

Le délai qui doit permettre de prendre en compte tous les besoins doit être au moins égal au cycle de production d'une chaise. Donc l'horizon nécessaire est de 7 jours.

Remarque : *Le calcul des besoins se faisant sur 5 périodes, il y aura obligatoirement des suggestions en retard s'il n'y a pas assez de panneaux en stock.*

6. Calcul des besoins MRP

Cas d'emploi	Périodes (Unité : sem) ⇒						Manque		14/11		15/11		16/11		19/11		20/11	
	Nomenclature			*Réf Produit*		*Rng*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*
						A/F	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*
				LT1	Q_{max}	*Dél*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*	*Liv*	*Prp*
	C^{sant}	$Q^{té}$	*Perte*	*Born*	Q_{min}	S_s	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*
				LT2	*Reb*	*Stck*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*
	Assise Dossier	1 1	0 0	Chaise		1		0		0		0		0		0	50	– 50
						F												50
				1	–	1												50
				1	1	0												50
				1	0	0		0		0		0		0	50	0		0
Chaise	Panneau	0,1473	0	Assise		2		0		0		0		0	50	– 50		2
						F										50		
				4	–	1										52		
				4	1	0										52		
				4	0	0		0		0		0	52	0		2		2
Chaise	Panneau	0,1227	0	Dossier		2		0		0		0		0	50	– 50		2
						F										50		
				4	–	1										52		
				4	1	0										52		
				4	0	0		0		0		0	52	0		2		2
Assise Dossier				Panneau		3				2,16		2,16	7,6596 6,3804	-11,88		0		0
						A								11,88				
				1,08	–	5								11,88				
				1,08	1,08	0								11,88				
				1,08	0	2,16	11,88	2,16		2,16		2,16		0		0		0

Remarque : *Le sujet impose d'intégrer la chute dans les liens de nomenclature. Dans la réalité, il est plus judicieux d'avoir la véritable valeur du lien et de noter les chutes ou rebuts séparément.*

7. Structure du code de la référence des tubes

Code de longueur fixe de 4 caractères de structure A999 (2 champs)

1er champ : 1 lettre code analytique

2e champ : 3 chiffres code arbitraire

8. Gestion du tube Y023

8.1. *Nombre de barres commandées à chaque commande*

Il est passé 18 commandes par an de ce tube par quantités égales. Comme sur la dernière année, il a été consommé 3 780 mètres de tubes et que chaque tube est acheté par barres de 6 mètres, à chaque commande il a été réapprovisionné :

$$\text{Quantité commandée} = \frac{3\,780}{18 \times 6} = 35 \text{ tubes}$$

8.2. *Quantité économique d'approvisionnement de ce tube*

La quantité économique se calcule grâce à la formule de Wilson :

$$Qe = \sqrt{\frac{2N\ Cl}{t\ Pu}} = \sqrt{\frac{2 \times \frac{3\,780}{6} \times 240}{0{,}20 \times (60 \times 6)}} = 65 \text{ tubes}$$

8.3. *Politique d'approvisionnement non et optimale*

Nous savons que commander par quantité économique minimise la somme des coûts engagés par l'entreprise.

La quantité commandée étant nettement différente de la quantité économique, les coûts engagés ne seront pas minimums, donc cette politique n'est pas optimale. Comme la quantité commandée est inférieure à la quantité économique se sont les coûts de passation de commande qui seront pénalisants.

8.4. *Approvisionnement par point de commande et Qe*

8.4.1. Point de commande pour un délai d'appro moyen

La consommation annuelle étant de 390 tubes sur 240 jours, la consommation moyenne journalière (Cmj) est égale à : $Cmj = \frac{390}{240} = 1{,}625$ tube.

Le délai d'approvisionnement allant de 10 jours à 14 jours, le délai moyen est donc de 12 jours et nous pouvons avoir un retard de 2 jours. En conséquence, le point de commande et le stock de sécurité sont donc égaux à :

Point de commande = Cmj × Délai moyen = 1,625 × 12 = 19,5 tubes

Stock de sécurité = Cmj × Délai de l'aléa = 1,625 × 2 = 3,25 tubes

Le point de commande qui tient compte du stock de sécurité est donc égal à :

$$19{,}5 + 3{,}25 = 22{,}75 \text{ tubes.}$$

Compte tenu des conditions de sécurité envisagées, le point de commande tenant compte du stock de sécurité doit donc être égal à 23 tubes.

8.4.2. Économie annuelle avec cette politique

Sachant que les coûts annuels engagés sont égaux à :

$$\text{Coût total} = N\ Pu + Cl \times \frac{N}{Q} + (\frac{Q}{2} + Ss)\ t\ Pu)$$

Le Prix unitaire d'une barre Y023 est égal à : 9,15 × 6 = 54,90 €

$$Coût_{Q=35} = (390 \times 54{,}90) + (36{,}60 \times \frac{390}{35}) + ((\frac{35}{2} + 0) \times 0{,}2 \times 54{,}90) = 22\,010{,}98\ €.$$

$$Coût_{Q=65} = (390 \times 54{,}90) + (36{,}60 \times \frac{390}{65}) + ((\frac{65}{2} + 0) \times 0{,}2 \times 54{,}90) = 21\,987{,}45\ €.$$

L'économie est de : $Coût_{Q=35} - Coût_{Q=65} = 22\,010{,}98 - 21\,987{,}45 = 23{,}53$ €

Corrigé de l'exercice 3.6 (Ordonnancement, Kanban, Stock)

1. Approvisionnement des bâtis

1.1. *Flux journalier des bâtis moulés*

Chaque produit fini est réalisé sur la base d'un bâti moulé. Comme la demande moyenne est de 35 produits finis par jour, le flux journalier moyen de bâtis moulés est donc de 35 bâtis par jour.

1.2. *Quantité de bâtis à livrer à chaque quinzaine*

Par quinzaine, c'est-à-dire 10 jours ouvrés, il est donc nécessaire de disposer de 350 bâtis. Comme à chaque livraison, les défauts de fonderie conduisent à rebuter, statistiquement, 10 bâtis par livraison il sera donc nécessaire de livrer : 360 bâtis par quinzaine.

1.3. *Taux de rebut à prendre pour les défauts de fonderie*

Sachant que le nombre de bâtis bons est égal à : Quantité livrée (1 – Taux rebut)

$$\text{Taux rebut} = \frac{\text{Quantité bâtis livrés} - \text{Quantité bâtis bons}}{\text{Quantité bâtis livrés}} = \frac{360 - 350}{360} = 2{,}8\ \%$$

2. Flux de production

2.1. *Flux journalier de PI entre Asm1 et Asm2*

Le poste Asm2 réalise uniquement le produit PF1 alors que le poste Asm3 réalise les produits PF2 et PF3. Comme chaque produit fini nécessite une pièce PI, nous en déduisons que le flux journalier de PI entre Asm1 et Asm2 est de 10 PI/jour.

2.2. *Flux journalier de PI entre Asm1 et Asm3*

En fonction des arguments ci-dessus, nous en déduisons que le flux journalier de PI entre Asm1 et Asm3 est de 25 PI/jour (10 + 15).

2.3. *Taille du container de transport de la pièce PI*

Nous savons que le système doit être dimensionné pour un renouvellement journalier de la production. En conséquence, il nous faut analyser les flux journaliers des pièces PI entre Asm1 et Asm2 ainsi qu'entre Asm1 et Asm3 :

- Entre Asm1 et Asm2 le flux de PI est de 10 PI/jour

Nombre de containers	1	2	5	10
Taille du container	10	5	2	1

- Entre Asm1 et Asm3 le flux de PI est de 25 PI/jour

Nombre de containers	1	5	25
Taille du container	25	5	1

Comme les pièces PI doivent circuler dans des containers ayant tous la même taille, nous voyons que les containers peuvent contenir 1 ou 5 pièces. Comme nous devons minimiser le nombre des containers en circulation, nous choisirons des containers de 5 pièces PI.

Nous aurons donc 7 kanbans en circulation.

3. Analyse des postes de charge

3.1. *Taux de disponibilité de chaque poste de charge*

3.1.1. Capacités hebdomadaires de chaque poste de charge

Nous savons que l'entreprise travaille 7 heures par jour et 5 jours par semaine (hypothèse simplificatrice). Nous en déduisons que tous les postes de charge ont une capacité théorique de 35 heures par semaine.

Par contre, les arrêts sont estimés à 1/2 heure par jour plus ∫ heure par semaine. En moyenne, les arrêts hebdomadaires sont donc de (0,5 × 5) + 0,5 = 3 heures pour les postes P3, P3, Asm2 et Asm3.

Pour le poste P1, l'opérateur n'est présent sur le poste que le matin de 8 h15 à 12 h, soit 3,75 heures. Comme il perd 1/4 h par demi-journée, la capacité réelle du poste P1 est de : (3,75 – 0,25) × 5 = 17,5 heures.

Pour le poste Asm1, l'opérateur n'est présent que l'après-midi de 13 h 30 à 16 h 45, soit 3,25 heures. Comme il perd 1/4 heure par demi-journée et 1/2 heure en fin d'après midi le vendredi, la capacité réelle du poste Asm1 est de : ((3,25 – 0,25) × 5) – 0,5 = 14,5 heures.

3.1.2. Taux de disponibilité de chaque poste de charge

Le taux de disponibilité d'un poste de charge étant égal à $\frac{\text{Capacité réelle}}{\text{Capacité théorique}}$, nous pouvons établir le tableau récapitulatif suivant :

	P1	P2	P3	Asm1	Asm2	Asm3
Capacité théorique (h)	35	35	35	35	35	35
Capacité réelle (h)	17,5	32	32	14,5	32	32
Taux de disponibilité (%)	50,00	91,43	91,43	41,43	91,43	91,43

3.2. *Taux de charges de chaque poste de charge*

3.2.1. Charges prévisionnelles hebdomadaires de chaque poste de charge

	P1	P2	P3	Asm1	Asm2	Asm3
50 PF1				4.00	17.50	
75 PF2				6.00		17.25
50 PF3				4.00		12.50
175 A	17.5					
100 B		10.00	13.00			
125 C		18.75	7.50			
75 D		2.25	6.75			
Total (h)	17.5	31.00	27.25	14.00	17.50	29.75

3.2.2. Taux de charge de chaque poste de charge

	P1	P2	P3	Asm1	Asm2	Asm3
Total des charges (h)	17.5	31	27.25	14	17.50	29.75
Capacité réelle (h)	17,5	32	32	14,5	32	32
Taux de charge (%)	100	96.87	85.16	96.55	54.69	92.97

3.2.3. Conclusion

Il n'y a apparemment pas de problème de charge. Toutefois, le poste P1 étant chargé à 100 % peut créer de nombreux problème au moindre aléa.

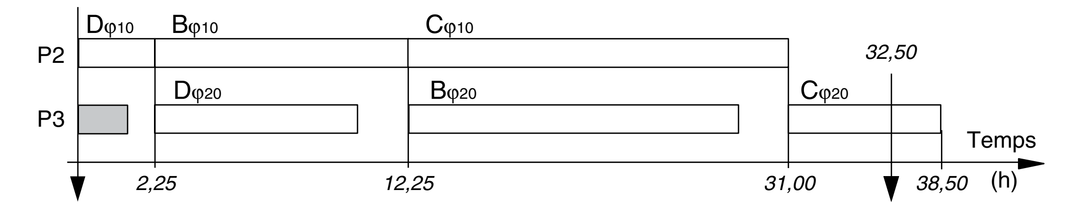
4. Planning d'atelier de l'unité

4.1. *Critère d'ordonnancement et type de jalonnement*

Les moyens P2 et P3 étant toujours employés en séquentiel, il faut donc employer l'algorithme de Johnson comme critère d'ordonnancement.

4.2. *Planning prévisionnel d'utilisation des postes P2 et P3*

S'appuyant sur les charges prévisionnelles hebdomadaires calculées précédemment, l'algorithme de Johnson appliqué à la fabrication des produits B, C et D nous indique qu'il faut fabriquer ces produits dans l'ordre D, B, C. Cet ordre nous donne le planning suivant :



4.3. *Conclusion*

Apparemment, il n'est pas possible de faire la totalité des pièces par jour (ou par semaine). Toutefois, comme cette unité est uniquement dédiée à la fabrication de ces pièces et que la production est relativement régulière, nous voyons qu'il y aura recouvrement des fabrications en début de période : il n'y aura donc aucun problème pour l'entreprise.

5. Machine goulot de cette unité de fabrication

La machine goulot est le poste P1 car il a un taux de charge à 100 % donc le plus chargé.

6. Coût de revient ; sachant que l'on peut estimer à 8 000 la demande annuelle de pièces A

6.1. *Coût d'unité d'œuvre du poste P1*

La valeur réactualisée étant de 40 000 €, les frais d'entretien s'élèvent à 40 000 × 0,20 = 8 000 €. La masse salariale étant de 16 312 €, la somme des charges est donc de : 16 000 + 8 00 = 24 000 €.

Prévoyant de fabriquer 8 000 pièces A, par an, cela représente une charge de production de 0,10 h × 8 000 = 8 000 heures.

Ceci nous donne un coût horaire de : $\frac{24\ 000}{800}$ = 30,00 € de l'heure.

6.2. *Coût de Main-d'œuvre pour la réalisation d'une pièce A*

Le coût main-d'œuvre d'une pièce A peut se calculer de deux façons :

$$30{,}00 \times 0{,}10 = 3{,}00\ € \quad \text{ou} \quad \frac{24\ 000}{8\ 000} = 3{,}00\ €.$$

Corrigé de l'exercice 3.7 (Ordonnancement, Kanban)

Fonctionnement en flux poussé

1. Analyse des postes de charge

1.1. *Taux de disponibilité de chaque poste de charge*

1.1.1. Capacités hebdomadaires de chaque poste de charge

Nous savons que l'entreprise travaille 7 heures par jour et 5 jours par semaine (hypothèse simplificatrice). Nous en déduisons que tous les postes de charge ont une capacité théorique de 35 heures par semaine.

Par contre, les arrêts sont estimés à ∫ heure par jour plus ∫ heure par semaine. En moyenne, les arrêts hebdomadaires sont donc de (0,5 × 5) + 0,5 = 3 heures

1.1.2. Taux de disponibilité de chaque poste de charge

Le taux de disponibilité d'un poste de charge étant égal à $\frac{\text{Capacité réelle}}{\text{Capacité théorique}}$, nous pouvons établir le tableau récapitulatif suivant :

	M1	M2
Capacité théorique (h)	35	35
Arrêts	3	3
Capacité réelle (h)	32	32
Taux de disponibilité (%)	91,43	91,43

1.2. *Taux de charges de chaque poste de charge*

1.2.1. Charges prévisionnelles hebdomadaires de chaque poste de charge

	M1	M2
200 PF1	9	14
300 PF2	15	6
150 PF3	3	9
Total (h)	27	29

1.2.2. Taux de charge de chaque poste de charge

	M1	M2
Total des charges (h)	27	29
Capacité réelle (h)	32	32
Taux de charge (%)	84,38	90,63

1.2.3. Conclusion

Il n'y a pas de problème de charge.

2. Planning d'atelier de l'unité

2.1. *Critère d'ordonnancement et type de jalonnement*

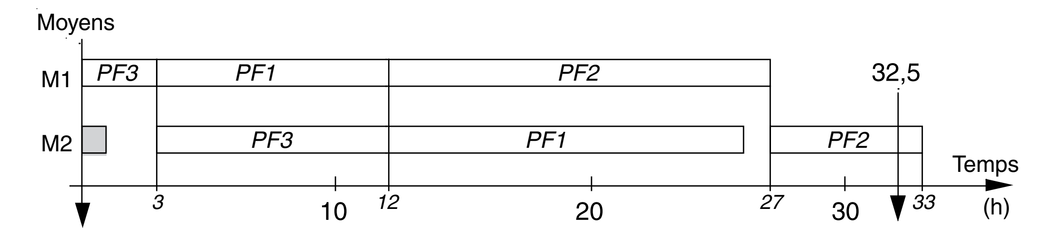
Les postes de charge M1 et M2 étant toujours employés en séquentiel, il faut donc employer l'algorithme de Johnson comme critère d'ordonnancement.

Le jalonnement sera alors un placement au plus tôt.

2.2. *Planning prévisionnel d'utilisation des postes M1 et M2*

L'algorithme de Johnson appliqué à cette fabrication nous indique qu'il faut fabriquer ces produits dans l'ordre PF3, PF1, PF2.

Cet ordre nous permet d'établir le planning suivant :



2.3. *Constatation*

Apparemment, il n'est pas possible de faire la totalité des pièces par semaine. Toutefois, comme cette unité est uniquement dédiée à la fabrication de ces pièces et que la production est relativement régulière, nous voyons qu'il y aura recouvrement des fabrications en début de période : il n'y aura donc aucun problème pour l'entreprise.

Fonctionnement en flux tiré

3. Flux journalier de chaque produit fini

Étant donné qu'il y a 5 jours ouvrés par semaine, nous pouvons en déduire les flux journaliers de chaque produit fini :

PF1 : 200/5 = 40 PF1/jour PF2 : 300/5 = 60 PF2/jour PF3 : 150/5 = 30 PF3/jour

4. Déterminer le TOP du poste M1

Nous savons que le système doit être dimensionné pour un renouvellement journalier de la production et que le donneur d'ordre souhaite être livré par container de 10 pièces. Il est possible de déterminer le nombre de kanbans pour chaque type de pièce :

PSF1 : 40/10 = 4 kanbans PSF2 : 60/10 = 6 kanbans PSF3 : 30/10 = 3 kanbans

Le produit PSF1 étant lancée en fabrication par quantité économique, la quantité de lancement est donc de :

$$Qe = \sqrt{2N\frac{Cl}{t\ Cu}} = \sqrt{2 \times 8\,800\ \frac{50}{0{,}25 \times 2\,200}} = 40 \text{ pièces}$$

Ceci nous permet de positionner un index vert pour le produit PSF1 dans le TOP.

PSF1 (10)	PSF2 (10)	PSF3 (10)

5. Préparation de la campagne SMED

5.1. *Valeur du coût de lancement objectif*

L'équation de détermination de la quantité économique doit être :

$$Qe = \sqrt{2N\frac{Cl}{t\ Cu}} = \sqrt{2 \times 8\,800\ \frac{Cl}{0{,}25 \times 2\,200}} = 20 \text{ pièces}$$

La résolution de cette équation nous donne une valeur de Cl de 12,50 €.

5.2. *Nouveau TOP dans ces conditions*

PSF1 (10)	PSF2 (10)	PSF3 (10)

Corrigé de l'exercice 3.8 (Kanban, OPT)

Analyse de la production de SF1

1. Taille des lots de fabrication de cette ligne de production

Il faut déterminer les quantités optimales de lancement sur chaque poste suivant la loi énoncée.

$$Q_{M1} = \frac{2 \times 3\,600}{20} = 360 \text{ pièces} \quad Q_{M2} = \frac{1{,}5 \times 3\,600}{20} = 270 \text{ pièces} \quad Q_{M3} = 1 \text{ pièce}$$

Nous en déduisons la taille du lot de lancement en fabrication : 360 pièces.

2. Durée d'un lot de fabrication = un lot de transfert = 400 pièces

La durée de fabrication d'un lot de 400 pièces est égale à la somme des temps opératoires et des temps interopératoires.

Temps de fabrication sur M1	(2 × 3 600) + (20 × 400)	15 200 s	253 min
Transfert de M1 vers M2	15 x 60	900 s	15 min
Temps de fabrication sur M2	(1,5 × 3 600) + (20 × 400)	13 400 s	223 min
Transfert de M2 vers M3	15 × 60	900 s	15 min
Temps de fabrication sur M3	(30 × 400)	12 000 s	200 min
	Total	42 400 s	706 min

Soit une durée totale de : 11 heures 46 minutes.

3. Optimisation de l'outil de manutention

3.1. ***Que pourrait-on déjà conseiller pour diminuer les délais***

Si l'entreprise insiste pour lancer par quantité de 400 pièces, il est possible de diminuer la durée totale de réalisation par anticipation des réglages sur les postes.

3.2. ***Gain de temps sur la durée de fabrication d'un lot***

Cette proposition permet de gagner les temps de réglage sur le poste M2, c'est-à-dire : 1 heure 30 minutes.

4. Chaîne dédiée à la réalisation du produit SF1

4.1. ***Machine goulot de cette chaîne***

La machine goulot est la machine la plus lente, c'est-à-dire celle qui demande le plus de temps pour réaliser une pièce. Ici, la machine goulot est le poste M3.

4.2. ***Cadence journalière de réalisation de SF1 de cette chaîne***

Travaillant effectivement 6,5 heures par jour, la cadence est déterminée par la cadence du poste goulot. La cadence est donc égale à :

$$\text{Cadence : } \frac{6{,}5 \times 3\,600}{30} = 780 \text{ pièces SF1 par jour.}$$

4.3. ***Période de sortie des containers de 20 pièces***

La période de sortie des containers est égale à la réalisation de l'un d'entre eux.
C'est encore la machine goulot qui détermine le temps de réalisation d'un container de 100 pièces.

$$\text{Période} = \frac{30 \times 100}{60} = 50 \text{ minutes}$$

Il sort donc de cette chaîne un container de 100 pièces toutes les 50 minutes.

4.4. ***Taux de charge de chaque poste en flux tiré à cadence maximum***

À cadence maximum, chaque poste réalise 600 pièces par jour. Les taux de charge de chaque poste sont les suivants :

Poste	Charge	Capacité réelle	Taux de charge
M1	$20 \times 780 = 15\,600$	$6{,}5 \times 3\,600 = 23\,400$	$\frac{15\,600}{23\,400} = 66{,}67\ \%$
M2	$20 \times 780 = 15\,600$	$6{,}5 \times 3\,600 = 23\,400$	$\frac{15\,600}{23\,400} = 66{,}67\ \%$
M3	$30 \times 780 = 23\,400$	$6{,}5 \times 3\,600 = 23\,400$	$\frac{23\,400}{23\,400} = 100\ \%$

4.5. ***Travail de chaque poste à cadence maximum en flux poussé***

Si chaque poste travaillait à cadence maximum en flux poussé, les postes M1 et M2 seraient bien synchronisés mais ils généreraient du stock au pied du poste M3.

Pour éviter cet inconvénient, il est possible :

- De diminuer la journée de travail des postes M1 et M2 pour les faire travailler avec un taux de charge de 100 % ;
- c'est-à-dire une journée de travail de $\frac{15\,600}{3\,600} + 0{,}5 = 4{,}83$ heures
- D'augmenter la cadence journalière de la chaîne en augmentant la journée de travail du poste M3 afin de faire travailler les postes M1 et M2 avec un taux de charge de 100 %.

La cadence serait alors de $\frac{23\,400}{20} = 1\,170$ pièces par jour et la journée de travail du poste M3 doit alors être de $\frac{30 \times 1\,170}{3\,600} + 0{,}5 = 10{,}25$ heures.

Analyse de la production de SF2, SF3 et SF4

5. Taille des lots de fabrication des OF journaliers de SF2, SF3 et SF4

Sachant que chaque jour, on lance en fabrication de quoi faire 100 produits B, les quantités à lancer journellement compte tenu de la nomenclature du produit B sont :

SF2 Quantité du lien : 1 quantité à lancer : 100 SF2
SF3 Quantité du lien : 2 quantité à lancer : 200 SF3
SF4 Quantité du lien : 1 quantité à lancer : 100 SF4

6. Méthode d'ordonnancement préconisée pour minimiser les délais

En analysant les gammes de fabrication des produits SF2, SF3 et SF4, on se rend compte que ces produits passent séquentiellement sur les postes E1 et E2. En conséquence, il faut conseiller l'entreprise d'utiliser la méthode de Johnson.

7. Application de la méthode préconisée

Le calcul des durées de fabrication sur les postes E1 et E2 nous donne les valeurs suivantes :

Temps en secondes	SF2	SF3	SF4
E1	5 500	6 000	2 500
E2	3 500	5 600	6 000

En appliquant l'algorithme de Johnson, nous trouvons qu'il faut réaliser les produits dans l'ordre : SF4, SF3, SF2.

Analyse de la production de B

8. Flux journalier théorique de chaque produit

Le nombre d'emplacements d'étiquettes par produit doit permettre de gérer la totalité du flux journalier. Dans ce cas le flux journalier de chaque produit est de :

- Produit A $3 \times 50 = 150$ pièces/jour
- Produit B $5 \times 20 = 100$ pièces/jour
- Produit C $4 \times 40 = 160$ pièces/jour
- Produit D $3 \times 20 = 60$ pièces/jour

9. Produit est en cours de fabrication sur ce poste

9.1. *Produit est en cours de fabrication sur ce poste*

C'est le produit B qui est en cours de fabrication car les étiquettes Kanban correspondantes sont retournées.

9.2. *Quantité fabriquée ce moment*

Chaque container contenant 20 pièces,

Le lot de fabrication en cours de réalisation est de 40 pièces B.

10.Quantité de produits de chaque type dans la chaîne de fabrication

Les pièces qui sont dans la chaîne de production correspondent aux emplacements vides (les étiquettes Kanban sont sur des containers pleins).

- Produit A 0 pièce (Rupture de stock)
- Produit B $2 \times 20 = 40$ pièces
- Produit C $1 \times 40 = 40$ pièces
- Produit D $3 \times 20 = 60$ pièces

11.Durée de fabrication d'un lot de fabrication de chaque pièce

La durée de fabrication d'un lot est égale à la somme des temps de réglage et opératoire. Pour chaque lot de produits nous aurons donc :

- Produit A $10 + (0{,}5 \times 50) = 35$ min
- Produit B $30 + (0{,}5 \times 40) = 50$ min
- Produit C $10 + (0{,}5 \times 40) = 30$ min
- Produit D $10 + (0{,}5 \times 20) = 20$ min

12.Produit à fabriquer à la fin de la réalisation du lot en cours

12.1.*Produits pouvant être fabriqués à la fin du lot en cours*

Le choix est à faire entre A (rupture de stock) et D (dépassement de l'index d'alerte).

12.2.*Produit à fabriquer à la fin du lot en cours*

Le plus urgent est le produit A puisqu'il n'y a plus de pièces dans le système de production alors qu'il reste encore au moins 40 pièces D dans le système. Nous devrons donc fabriquer des pièces D.

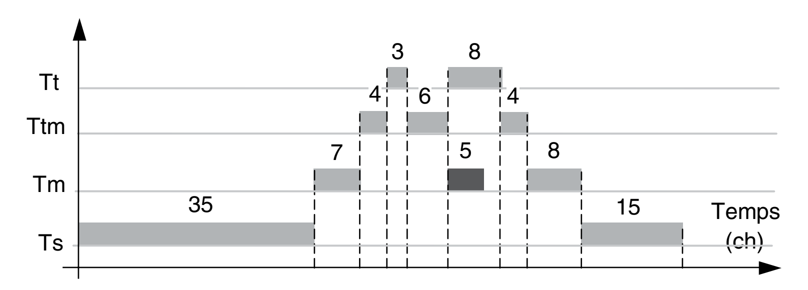
Corrigé de l'exercice 3.9 (Initialisation et calcul MRP)

1. Données techniques du produit E

Le produit E est usiné à partir d'un barreau d'acier de section 40 × 60 × 200 mm approvisionné, dans la demi-journée, à la bonne dimension chez un fournisseur se trouvant dans la même zone industrielle qui le facture à l'entreprise en kilogrammes (rappel de la densité de l'acier = 7,8).

1.1. *Simogramme de la phase 20 de la gamme du produit E*

Le simogramme de la phase 20 de la gamme du produit E s'établit comme suit (1ch (centi-heure) = 1/100 heure) :



Le temps série du simogramme correspond au temps de préparation de la phase. Donc, le temps de préparation est égal à : 35 + 15 = 50 ch   Soit 0,5 heure.

Le temps opératoire est égal à la durée de la période, soit :

$$\text{Période} = \sum \text{Tm} + \sum \text{Ttm} + \sum \text{Tt} = (7 + 8) + (4 + 6 + 4) + (3 + 8) = 40 \text{ ch}$$

1.2. *Ce qui nous donne la gamme complète suivante*

Produit E			
Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)
10	M4	2,0	25
20	M5	0,5	40
30	M6	1,0	25

1.3. *Calcul des différents taux*

$$\text{UTm} = \frac{\sum \text{Tm} + \sum \text{Ttm} + \sum \text{Tz}}{\text{Période}} = \frac{(7 + 8) + (4 + 6 + 4) + 5}{40} = 85\ \%$$

$$\text{UTt} = \frac{\sum \text{Tt} + \sum \text{Ttm}}{\text{Période}} = \frac{(3 + 8) + (4 + 6 + 4)}{40} = 62{,}50\ \%$$

2. Calcul MRP

2.1. *Détermination de l'horizon de calcul*

Nous sommes en fin de semaine 12 et le calcul MRP s'effectue sur 8 périodes. L'horizon MRP va donc de la semaine 13 à la semaine 20.

2.2. *Détermination du Programme Directeur de Production (PDP)*

À partir des prévisions de vente fournies, il est possible de définir plusieurs PDP différents. En effet, il est possible de :

- lancer la totalité des besoins d'une période en début de période afin de faire du stock ;
- lancer en fabrication chaque semaine, la moyenne de la demande (en s'assurant d'avoir en début de période suffisamment de pièces pour éviter les ruptures de stock) ;
- lancer en fabrication, chaque semaine, les quantités qui permettent de se caler exactement sur les prévisions des ventes.

Dans la suite de l'exercice, nous considérons que le Programme Directeur de Production est déterminé directement à partir de la demande.

Sur la période considérée, celui-ci se définit donc comme suit :

Semaine	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Prévision	30	40	60	100	120	30	30	70

2.3. *Détermination des données techniques*

2.3.1. Détermination de la quantité moyenne de la demande

Sur la période considérée, la quantité moyenne de la demande :

$$Q = \frac{\sum \text{Besoins}}{\text{Nb périodes}} = \frac{30 + 40 + 60 + 100 + 120 + 30 + 30 + 70}{8} = \frac{480}{8} =$$

60 pièces/semaine.

2.3.2. Données techniques du produit B

Le produit B est un produit acheté. La livraison hebdomadaire prévue de ce produit étant égale à la moyenne de la demande sur la période d'étude, celle-ci est donc de 60 pièces.

Le délai d'obtention (d'approvisionnement puisque c'est un produit acheté) est d'une semaine. Le fournisseur accepte de livrer les quantités exactes commandées les paramètres d'approvisionnement seront LT1 = 1, Borne = 1, LT2 = 1 (suggestion strictement égale au besoin).

Le stock de sécurité étant égal au dixième de la demande moyenne sur la période d'étude, celui-ci peut être fixé à 6 pièces.

2.3.3. Données techniques du produit C

Le produit C est un produit fabriqué à partir d'un profilé d'aluminium. La détermination du délai en MRP à partir du délai en atelier revient à faire un changement de base de temps (passage de l'expression du délai exprimé en heures en un délai exprimé en semaine).

Le Délai_{MRP} est donc égal à $E\left[\frac{\text{Délai}_{FAB}}{\text{Capacité}}\right] + 1$ avec $\text{Délai}_{FAB} = \sum \text{Top} + \sum \text{Tiop}$

Cela nous donne pour le produit C :

$$\sum \text{Top} = \sum (\text{Tprep} + (\text{Top} \times \text{Qté}))$$

$$\sum \text{Top} = (1 + (0{,}03 \times 200)) + (0{,}5 + (0{,}02 \times 200)) + (2 + (0{,}05 \times 200))$$

$$\sum \text{Top} = 7 + 4{,}5 + 12 = 23{,}5 \text{ heures}$$

$$\sum \text{Tiop} = \sum \text{Tmag} + \sum \text{Tinter-phases} = (3{,}5 \times 2) + (2 \times 2) = 11 \text{ heures}$$

$\text{Délai}_{FAB} = \sum \text{Top} + \sum \text{Tiop} = 23{,}5 + 11 = 34{,}5$ heures.

Une semaine correspondant à une capacité de 35 heures, le délai en unité de planification MRP est de :

$$\text{Délai}_{FAB} = E\left[\frac{\text{Délai}_{FAB}}{\text{Capacité}}\right] + 1 = E\left[\frac{34{,}5}{35}\right] + 1 = 1 \text{ semaine}$$

Pour minimiser les effets du temps de réglage par rapport au temps de fabrication, le temps série de C ne doit pas être supérieur au quart du temps opératoire. La $\sum$Tprep de la gamme de réalisation du produit C étant égale à (1,0 + 0,5 + 2,0) = 3,5 heures, la somme des temps opératoires doit être au moins égale à 3,5 × 4 = 14 heures. Le produit C doit être fabriqué par quantité exacte avec un minimum d'un lot technique égal à :

$$\frac{14}{\sum \text{Top}} = \frac{14}{0{,}03 + 0{,}05} = 140 \text{ pièces.}$$

Dans un profilé, on peut réaliser $\frac{6\,000}{234} = 25{,}64$ pièces C, soit en réalité 25 pièces. Sachant que le profilé d'aluminium est géré en mètre et pour tenir compte des pertes, la quantité du lien de nomenclature entre C et le profilé est de $\frac{6}{25} = 0{,}24$.

2.3.4. Données techniques du produit D

Le délai d'obtention de D (délai de fabrication puisque D est fabriqué) est de 8 jours ouvrés. Compte tenu que l'unité de planification MRP est la semaine (5 jours ouvrés), le délai d'obtention est égal à :

$$\text{Délai}_{MRP} = E\left[\frac{\text{Délai}_{FAB}}{\text{Capacité}}\right] + 1 = E\left[\frac{8}{5}\right] + 1 = 2 \text{ semaines.}$$

La pièce D étant obtenue par emboutissage avec une matrice permettant d'avoir 4 pièces en même temps, la pièce D sera fabriquée par multiple de 4.

2.3.5. Données techniques du produit E

Pour minimiser les effets du temps de réglage par rapport au temps de fabrication, le temps série de E ne doit pas être supérieur au quart du temps opératoire. La $\sum$Tprep de la gamme de réalisation du produit E étant égale à (2,0 + 0,5 + 1,0) = 3,5 heures, la somme des temps opératoires doit être au moins égale à 3,5 × 4 = 14 heures. Le produit E doit être fabriqué par quantité exacte avec un minimum d'un lot technique égal à :

$$\frac{14}{\sum \text{Top}} = \frac{14}{0{,}25 + 0{,}25} = 16 \text{ pièces}$$

Cela nous donne pour le produit E : $\text{Délai}_{FAB} = \sum \text{Top} + \sum \text{Tiop}$

$\sum \text{Top} = \sum (\text{Tprep} + (\text{Top} \times \text{Qté}))$

$\sum \text{Top} = (2 + (0{,}25 \times 80)) + (0{,}5 + (0{,}40 \times 80)) + (1 + (0{,}25 \times 80))$

$\sum \text{Top} = 17 + 24{,}5 + 16 = 57{,}5$ heures

$\sum \text{Tiop} = \sum \text{Tmag} + \sum \text{Tinter-phases} = (3{,}5 \times 2) + (2 \times 2) = 11$ heures

$\text{Délai}_{\text{FAB}} = \sum_{\bullet} \text{Top} + \sum_{\bullet} \text{Tiop} = 57{,}5 + 11 = 68{,}5$ heures.

Une semaine correspondant à une capacité de 35 heures, le délai en unité de planification MRP est de :

$$\text{Délai}_{\text{MRP}} = \text{E}\left[\frac{\text{Délai}_{\text{FAB}}}{\text{Capacité}}\right] + 1 = E\left[\frac{68{,}5}{35}\right] + 1 = 2 \text{ semaines.}$$

2.3.6. Données techniques du profilé

Le profilé est un produit acheté par barres de 6 mètres. La loi de gestion étant le mètre, ce profilé sera donc acheté par multiple de 6 (LT1 = 6, Borne = 6, LT2 = 6, Mini = 6).

Le délai d'obtention (d'approvisionnement puisque c'est un produit acheté) est de 2 semaines. Comme nous attendons une livraison de 10 barres, nous attendons donc 60 mètres de profilé.

2.3.7. Données techniques de la tôle

La tôle ne peut être achetée qu'entière, pourtant, afin de faciliter la fabrication elle est, dès sa livraison débitée en 6 morceaux. L'unité de gestion de la tôle sera donc le « morceau de tôle ».

La loi de gestion étant donc le morceau de tôle, cette tôle sera achetée par multiple de 6 (LT1 = 6, Borne = 6, LT2 = 6). Comme nous attendons une livraison de 6 tôles, nous attendons donc 36 morceaux de tôles.

2.3.8. Données techniques du barreau d'acier

Le barreau d'acier est un produit acheté. Le produit E étant usiné à partir d'un barreau d'acier approvisionné dans la demie journée chez un fournisseur et l'unité de planification MRP étant la semaine, le délai d'obtention peut être estimé nul.

De même, ce barreau d'acier étant approvisionné à la bonne dimension, l'unité de gestion est l'unité bien que le fournisseur le facture à l'entreprise en kilogrammes.

Le fournisseur accepte de livrer les quantités exactes commandées les paramètres d'approvisionnement seront LT1 = 1, Borne = 1, LT2 = 1 (suggestion strictement égale au besoin).

2.3.9. Fichier des liens complété

Chaque pièce C nécessite 0,234 mètre. Dans une barre de 6 mètres, il est impossible de réaliser un nombre entier de pièces C (nous avons donc une chute). Il est possible de :

- soit indiquer un taux de chute ;
- soit intégrer la chute dans le lien de nomenclature.

Nous privilégierons la deuxième approche. Dans ce cas, la quantité du lien sera égale à :

$$\frac{6}{\text{E}\left[\frac{6}{0{,}234}\right]} = \frac{6}{25} = 0{,}24.$$

Comme la tôle est gérée par « morceau » et que l'on peut faire 4 pièces D dans chaque morceau, chaque pièce D nécessite 0,25 « morceau ».

Chaque pièce E est fabriquée à partir d'un barreau qui est géré à l'unité

Composé	A	A	A	A	C	D	E
Composant	B	C	D	E	Profilé	Tôle	Barreau
Quantité	1	2	2	1	0,24	0,25	1

2.4. *Calcul des besoins*

Cas d'emploi	Périodes (Unité : Sem) ⇒						Manque		S13		S14		S15		S16		S17		S18		S19		S20	
	Nomenclature			*Réf*		*Rng*			*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*	*BB*	*DPS*
	Composant	*Quantité*	*Perte (%)*	*Produit*		*A/F*			*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*	*BA*	*BN*
				LT1	Q_{mx}	*Dél*			*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*	*Liv*	*Prop*
				Brn	Q_{min}	*Ss*			*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*	*OL*	*Att*
				LT2	*Reb*	*Stk*	*Sug*		*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*	*Sug*	*S*
	B	1		A		1			30	36	40	66	60	76	100	-24	120	-94	30	-30	30	-10	70	-30
	C	2				F										24		94		30		10		30
	D	2		5	–	3			70		70		70			50		94		50		50		50
	E	1		40	50	5			70		70		70			50		94		50		50		50
				1	0	1			50	41	94	71	50	81	50	31	50	5		25		45		25
				B		2			50	19	94	-15	50	10	50	20	50	30		90		150		210
						A						15												
A				1	–	1			60		60	15	60		60		60		60		60		60	
				1	1	6			60		60	15	60		60		60		60		60		60	
				1	0	15			15	25		6		16		26		36		96		156		216
				C		2			100	100	188	-88	100	-48	100	-8	100	32		32		32		32
						F						88		48		8								
A	Profilé	0,24		1	–	1			150			140		140		140								
				1	140	0			150			140		140		140								
				1	0	50			140	100	140	52	140	92		132		32		32		32		32
				D		2			100	240	188	52	100	-48	100	-100	100	-100		0		0		0
						F								48		100		100						
A	Tôle	0,25		4	–	2			40					48		100		100						
				4	1	0			40					48		100		100						
				4	0	300			48	240	100	52	100	0		0		0		0		0		0
				E		2			50	60	94	36	50	-14	50	-48	50	-50		0		0		0
						F								14		48		50						
A	Barreau	1		1	–	2			90		70			16		48		50						
				1	16	0			90		70			16		48		50						
				1	0	20			16	60	48	36	50	2		0		0		0		0		0
				Prof		3			33,6	38,4	33,6	4,8	33,6	-28,8		1,2		1,2		1,2		1,2		1,2
						A								28,8										
C				6	–	2			60					30										
				6	6	0			60					30										
				6	0	12			30	38,4		4,8		1,2		1,2		1,2		1,2		1,2		1,2
				Tôle		3			12	42	25	17	25	-8		4		4		4		4		4
						A								8										
D				6	–	2			36					12										
				6	6	0			36					12										
				6	0	18			12	42		17		4		4		4		4		4		4
				Barre		3			16	-16	48	-48	50	-50		0		0		0		0		0
						A				16		48		50										
E				1	–	0				16		48		50										
				1	1	0				16		48		50										
				1	0	0			16	0	48	0	50	0		0		0		0		0		0

2.5. *Calendrier des suggestions*

	Calendrier des Suggestions	
	Lancements en fabrication	**Demandes d'achat**
S13	50 A, 140 C, 48 D, 16 E	15 B, 12 Morceaux de tôle, 16 Barreaux, 30 m de profilé
S14	94 A, 140 C, 100 D, 48 E	48 Barreaux
S15	50 A, 140 C, 100 D, 50 E	50 Barreaux
S16	50 A,	
S17	50 A,	

Attention : *Nous constatons qu'il nous faut commander 12 morceaux de tôles en semaine 13 cela correspond à l'approvisionnement de 2 tôles.*

3. Commentaires sur cet exercice

3.1. *Délai d'obtention de C*

Le délai a été calculé pour un lancement de 200 pièces. Le calcul des besoins nous montre qu'il n'y aura aucun problème pour réaliser les suggestions prévues pour les semaines S13, S16, S17, S18, S19, S20. Pour la semaine S14 il faudra être vigilant pour ne pas prendre de retard. Par contre, il ne sera pas possible de tenir le délai d'une semaine pour réaliser la suggestion prévue en semaine S15, montrant ainsi l'importance de la détermination des délais d'obtention des produits.

3.2. *UA et UG de chaque produit acheté*

Produit B et Barreau

L'unité d'achat et l'unité de gestion sont « l'unité ». Pas de commentaire.

Profilé

L'unité d'achat étant la barre de 6 mètres et l'unité de gestion étant le mètre, nous sommes confrontés à la prise en compte des chutes.

Tôle

L'unité d'achat étant la tôle, il est possible de la gérer de manière similaire à la barre de profilé (m^2, kg…). Toutefois, nous avons vu que pour des facilités de fabrication on découpait les tôles en morceaux dès leur livraison. Il est donc possible d'envisager, comme nous l'avons fait, de prendre une unité de gestion artificielle : « le morceau de tôle ».

3.3. *Évolution du stock de B*

Lorsque nous passons une commande-programme (livraison d'une même quantité à date fixe), il faut s'assurer qu'il y a bien une consommation régulière correspondante. Si ce n'est pas le cas, la quantité en stock ne fait qu'augmenter.

Corrigé de l'exercice 3.10 (Liaison MRP – Planning d'atelier)

Contexte

Il est bon de rappeler qu'il faut se mettre, dans cet exercice, dans la situation du responsable d'atelier qui reçoit ses ordres de fabrication conformément aux suggestions proposées par un logiciel de GPAO. Les produits fabriqués sont donc des produits qui se trouvent à des niveaux quelconques de différentes nomenclatures que l'on ne connaît pas forcément au niveau de l'atelier.

Les OF n'ont pas les fameuses dates de livraison classiques mais en fait elles existent car on connaît les dates de suggestion de fabrication et le délai d'obtention de chaque produit.

Date de fin = date de suggestion + délai d'obtention

Du fait que nous soyons dans un contexte de GPAO de type MRP, il est donc impossible d'anticiper le début de fabrication (on n'a pas l'assurance que les produits nécessaires soient disponibles) ni de dépasser le délai (au risque de désynchroniser complètement la fabrication).

Première partie

1. Fonctionnement du logiciel de GPAO

1.1. *Unité de planification de la GPAO*

L'unité de planification du logiciel de GPAO est la semaine, car les délais d'obtention des produits initialisés dans le fichier des stocks de la GPAO sont exprimés en semaines. En conséquence, les suggestions de fabrications sont données à la semaine.

1.2. *Durée de l'horizon figé dans cette entreprise*

L'horizon figé est de deux semaines car les calculs des besoins sont effectués par ce logiciel tous les « quinze jours » (faute de précisions c'est l'expression courante qu'il faut interpréter).

2. Analyse des charges

2.1. *Calcul des charges*

- Capacités de chaque poste

La semaine 2000-17 comprend le lundi de Pâques (24 avril – jour férié), en conséquence les capacités sont donc :

	Semaine 16	Semaine 17
Capacité théorique	$(8 \times 4) + 7 = 39$ h	$(8 \times 3) + 7 = 31$ h
Nettoyage et pauses	$(0{,}5 \times 2) \times 5 = 5$ h	$(0{,}5 \times 2) \times 4 = 4$ h
Capacité réelle	39 – 5 = 34 h	31 – 4 = 27 h
Taux disponibilité	$\frac{34}{39} = 87{,}18\%$	$\frac{27}{31} = 87{,}10\%$

- Détail de calcul des charges

		OF 16-01 (30 P01)		OF 17-01 (50 P01)	
Phase	Moyen	Détail calcul	Tps (h)	Détail calcul	Tps (h)
10	M1	$1{,}0 + (0{,}10 \times 30) =$	4,00	$1{,}0 + (0{,}10 \times 50) =$	6,00
20	M2	$0{,}6 + (0{,}08 \times 30) =$	3,00	$0{,}6 + (0{,}08 \times 50) =$	4,60
30	M5	$0{,}7 + (0{,}11 \times 30) =$	4,00	$0{,}7 + (0{,}11 \times 50) =$	6,20
40	M6	$1{,}0 + (0{,}10 \times 30) =$	4,00	$1{,}0 + (0{,}10 \times 50) =$	6,00
50	M3	$0{,}0 + (0{,}10 \times 30) =$	3,00	$0{,}0 + (0{,}10 \times 50) =$	5,00

		OF 16-02 (30 P02)		OF 17-02 (30 P2)	
Phase	Moyen	Détail calcul	Tps (h)	Détail calcul	Tps (h)
10	M5	$0{,}0 + (0{,}20 \times 30) =$	6,00	$0{,}0 + (0{,}20 \times 30) =$	6,00
20	M2	$0{,}9 + (0{,}07 \times 30) =$	3,00	$0{,}9 + (0{,}07 \times 30) =$	3,00
30	M5	$0{,}5 + (0{,}05 \times 30) =$	2,00	$0{,}5 + (0{,}05 \times 30) =$	2,00
40	M2	$0{,}4 + (0{,}12 \times 30) =$	4,00	$0{,}4 + (0{,}12 \times 30) =$	4,00

		OF 16-03 (40 P05)		OF 17-03 (20 P05)	
Phase	Moyen	Détail calcul	Tps (h)	Détail calcul	Tps (h)
10	M2	0,8 + (0,08 × 40) =	4,00	0,8 + (0,08 × 20) =	2,40
20	M5	1,0 + (0,10 × 40) =	5,00	1,0 + (0,10 × 20) =	3,00
30	M2	0,4 + (0,09 × 40) =	4,00	0,4 + (0,09 × 20) =	2,20
40	M6	1,0 + (0,10 × 40) =	5,00	1,0 + (0,10 × 20) =	3,00
50	M3	0,0 + (0,05 × 40) =	3,00	0,0 + (0,05 × 20) =	2,20

		OF 16-04 (50 P06)		OF 17-04 (20 P06)	
Phase	Moyen	Détail calcul	Tps (h)	Détail calcul	Tps (h)
10	M2	0,5 + (0,05 × 50) =	3,00	0,5 + (0,05 × 20) =	1,50
20	M1	0,5 + (0,09 × 50) =	5,00	0,5 + (0,09 × 20) =	2,30
30	M4	0,0 + (0,14 × 50) =	7,00	0,0 + (0,14 × 20) =	2,80
40	M3	1,0 + (0,08 × 50) =	5,00	1,0 + (0,08 × 20) =	2,60
50	M6	0,5 + (0,09 × 50) =	5,00	0,5 + (0,09 × 20) =	2,30
60	M3	0,5 + (0,07 × 50) =	4,00	0,5 + (0,07 × 20) =	1,90

		OF 16-05 (100 P09)	
Phase	Moyen	Détail calcul	Tps (h)
10	M1	0,0 + (0,03 × 100) =	3,00
20	M2	0,0 + (0,02 × 100) =	2,00
30	M4	1,0 + (0,06 × 100) =	7,00

		OF 16-06 (20 P10)		OF 17-05 (40 P10)	
Phase	Moyen	Détail calcul	Tps (h)	Détail calcul	Tps (h)
10	M5	1,0 + (0,20 × 20) =	5,00	1,0 + (0,20 × 40) =	9,00
20	M1	0,0 + (0,20 × 20) =	4,00	0,0 + (0,20 × 40) =	8,00
30	M4	1,0 + (0,30 × 20) =	7,00	1,0 + (0,30 × 40) =	13,00
40	M3	0,0 + (0,15 × 20) =	3,00	0,0 + (0,15 × 40) =	6,00

- Répartition des charges

Semaine 2000-16	M1	M2	M5	M3	M4	M6
déjà placées				10,00	4,00	8,00
OF 16-01 (30 P01)	4,00	3,00	4,00	3,00		4,00
OF 16-02 (30 P02)		3,00 4,00	6,00 2,00			
OF 16-03 (40 P05)		4,00 4,00	5,00	3,00		5,00
OF 16-04 (50 P06)	5,00	3,00			6,00	
OF 16-05 (100 P09)	3,00	2,00			7,00	
OF 16-06 (20 P10)	4,00		5,00	3,00	7,00	
OF 16-07 (X01)	2,00 3,00	4,00	2,00 3,00			
OF 16-08 (X02)				3,00 4,00		4,00 2,00
OF 16-09 (X03)	1,00	2,00	2,00			
OF 16-10 (X05)				3,00		4,00
OF 16-11 (X06)				3,00		3,00
OF 16-12 (X04)		5,00				
Total des charges	22,00	34,00	29,00	32,00	24,00	30,00

Il est à noter que le produit P3 s'effectue sur 2 semaines. En conséquence, il est indispensable de faire une répartition des charges.

Cycle de fabrication : (3 + 1 + 5) + 3 + (7 + 1 + 5 + 1 + 5 + 1 + 4) = 36 heures

- Cycle maxi par unité de temps : $\frac{36}{2} = 18$ heures
- Ce qui nous permet de calculer la répartition des charges suivante :

	2000-16	2000-17	Total
M1	5		5
M2	3		3
M3		5 + 4	9
M4	6	1	7
M6		5	5
Tiop	1 + 3	1 + 1 + 1	7

Remarque 1 : *pour être plus prêt de la vérité, il aurait été possible de faire la répartition en rapport avec les capacités de chaque poste*

Remarque 2 : *il faudra en faire autant pour la commande X1 et les 20 P06 lancés en semaine 2000-17*

Semaine 2000-17	M1	M2	M5	M3	M4	M6
Suite 2000-16 OF 16-04 (50 P06)				5,00 4,00	1,00	5,00
OF 16-11 (X05)				1,00		6,00
OF 16-12 (X04)	3,00	1,00				
OF 17-01 (50 P01)	6,00	4,60	6,20	5,00		6,00
OF 17-02 (30 P02)		3,00 4,00	6,00 2,00			
OF 17-03 (20 P05)		2,40 2,20	3,00	2,00		3,00
OF 17-04 (20 P06)	2,30	1,50			2,40	
OF 17-05 (40 P10)	8,00		9,00	6,00	13,00	
Total des charges	19,30	18,70	26,20	23,00	16,40	20,00

Semaine 2000-18	M1	M2	M5	M3	M4	M6
Suite 2000-17 OF 17-04 (20 P06)				2,60 1,90	0,40	2,30

2.2. *Calcul des différents taux*

Semaine 2000-16	M1	M2	M5	M3	M4	M6
Total des charges	22,00	34,00	29,00	32,00	24,00	30,00
Capacité réelle	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00
Capacité théorique	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Tx charge = $\frac{\Sigma Ch}{C\ Réelle}$ (%)	64,71	100,00	85,30	94,12	70,59	88,24
Tx d'util. = $\frac{\Sigma Ch}{C\ Thé}$ (%)	56,41	87,18	74,36	82,06	61,54	76,93

Semaine 2000-17	M1	M2	M5	M3	M4	M6
Total des charges	19,30	18,70	26,20	23,00	16,40	20,00
Capacité réelle	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00
Capacité théorique	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00
Tx charge = $\frac{\Sigma Ch}{C\ Réelle}$ (%)	71,49	69,26	97,04	85,19	60,74	74,08
Tx d'util. = $\frac{\Sigma Ch}{C\ Thé}$ (%)	62,26	60,33	84,52	74,20	52,91	64,52

Nous constatons que la plupart des postes sont en sous-charge durant les deux semainesn exceptés les postes M2 et M3 qui risquent de poser problème en semaine 2000-16 et le poste M5 en semaine 2000-17.

3. Paramètres d'élaboration du planning

3.1. *Échelle de temps*

Les charges à représenter sur le planning, variant de 1,5 heure à 16 heures, il est préférable de choisir l'heure comme unité de temps. C'est l'unité la plus employée dans les plannings d'atelier, cependant la 1/2 heure est également possible mais cela double la longueur du planning.

Afin de voir la totalité des prévisions, le planning d'atelier devra couvrir un horizon d'au moins 2 semaines. Dans ces conditions, l'échelle la plus pratique est de considérer qu'un centimètre représente 1 heure (1 cm = 1 h).

3.2. *Technique d'ordonnancement à utiliser*

En analysant les gammes de fabrication des 6 produits, nous remarquons que le processus de réalisation de tous les produits débute dans l'atelier A1 puis se poursuit dans l'atelier A2. Le processus n'est pas séquentiel sur les moyens de production mais l'est sur les ateliers.

Conformément à la devise d'OPT « la somme des optimums locaux n'est pas égal à l'optimum global », nous chercherons à optimiser l'utilisation des ateliers plutôt que l'utilisation des moyens. En conséquence, nous planifierons en appliquant l'algorithme de Johnson sur les cycles de fabrication des produits dans les ateliers (prise en compte des temps interopératoires intra-atelier mais pas inter-atelier).

Dans ce cas, nous placerons les fabrications au plus tôt.

Deuxième partie

4. Détermination du planning de fabrication au plus tôt

4.1. *Détermination de l'ordre de prise en compte des OF*

Nous avons déterminé, dans la première partie que l'ordonnancement devait être réalisé au plus tôt dans l'ordre fourni par l'algorithme de Johnson sur les cycles de fabrication des produits dans les ateliers (prise en compte des temps interopératoires intra-atelier mais pas inter-atelier).

Les temps de fabrication étant différents d'une semaine à l'autre, il est nécessaire de déterminer l'ordre des fabrications pour chaque semaine. De plus, il ne faut pas appliquer Johnson sur toutes les fabrications, ici, il est préférable :

- 1. d'appliquer Johnson sur les fabrications de délai d'obtention d'1 semaine,
- 2. d'appliquer Johnson sur les fabrications de délai d'obtention d'2 semaines,
- 3. de placer les fabrications qui ne passent que dans un atelier.

Pour cela, il faut calculer les cycles de fabrications de chaque OF dans chaque atelier.

Délais	1 semaine					2 semaines	
Sem 2000-16	OF 16-01	OF 16-03	OF 16-05	OF 16-06		OF 16-04	
Atelier A1	13,00	15,00	6,00	10,00		9,00	
Atelier A2	8,00	9,00	7,00	11,00		24,00	
	OF 16-02	OF 16-07	OF 16-08	OF 16-09	OF 16-11	OF 16-10	OF 16-12
Atelier A1	18,00	18,00		7,00			10,00
Atelier A2			16,00		7,00	16,00	

Ordre pour la sem : 2000-16 : OF 16-05, OF16-06, OF 16-03, OF 16-01, OF 16-04, OF 16-02, OF 16-03, OF 16-05, OF 16-12, OF 16-08, OF 16-11, OF 16-10

Délais	1 semaine			2 sem			
Sem 2000-17	OF 17-01	OF 17-03	OF 17-05	OF 17-04	OF 17-02		
Atelier A1	18,80	9,40	18,00	4,80	18,00		
Atelier A2	12,00	6,20	20,00	12,60			

Ordre pour la sem : 2000-17 : OF 17-05, OF 17-01, OF 17-03, OF 17-04, OF 17-02

4.2. *Réalisation du planning des fabrications*

Remarque : *Sur le GANTT ci-après, pour chaque moyen, la ligne du bas correspond à la prévision (solution de la 2e partie) et la ligne du haut, à la réalisation (sujet de la 3e partie).*

Afin d'être proche de la réalité industrielle, nous nous permettons de donner quelques conseils de constitution du planning d'atelier.

En préliminaire, rappelons que le planning est, en plus de l'outil de prévision d'utilisation des moyens de production, un vecteur de communication très important pour l'entreprise vis-à-vis

- des cadres de l'entreprise (responsables de production, chefs d'équipe…) : montrer la véritable activité des ateliers ;
- des opérateurs : donner les informations pour la réalisation des produits.

Donner une vision de l'activité des ateliers

Afin d'avoir une vision rapide de l'activité des ateliers, il est préférable

- de disposer les moyens par ordre alphabétique par atelier avec une séparation nette entre les deux ateliers, et non par ordre alphabétique dans l'entreprise ;
- de bien indiquer les jours et les semaines sur le planning en indiquant, à la fois le numéro de semaine et les dates de début et de fin de semaine ;
- de ne mettre que des jours ouvrés dans le planning (cela évite de découper un OF en morceaux lorsque celui-ci est réalisé en plusieurs jours). Dans notre cas, il ne faut pas placer les Samedi et Dimanche (jours non ouvrés) ainsi que le lundi de Pâques et le 1er (jours fériés) sur le planning ;
- en cas d'utilisation d'un planning mural à gouttières, il est préférable de disposer les OF, donc les moyens, gouttière par gouttière. Il vaut mieux éviter d'avoir une gouttière non remplie entre deux gouttières remplies ; cela n'apporte rien à la lecture du planning et cela accentue l'impression d'inactivité de l'atelier.

Semaine 2000-16

Machine		17/04/2000 Lundi	18/04/2000 Mardi	19/04/2000 Mercredi	20/04/2000 Jeudi	21/04/2000 Vendredi	25/04/2000 Mardi
M1	R	1605 - φ10; 1607 φ10; 1606 - φ20	1601 - φ10	1604 - φ20	Maintenance	1609 φ10; 1607 - φ50	
M1	P	1605 - φ10; 1607 φ10; 1606 - φ20	1601 - φ10	1604 - φ20; 1609 φ10	Maintenance	1607 - φ50	1701 - φ10; 1704 φ20
M2	R	1603 - φ10; 1605 φ20	1604 - φ10; 1603 - φ30	1601 - φ20; 1602 - φ20	1607 - φ30; 1602 - φ40	1609 φ30	
M2	P	1603 - φ10; 1605 φ20; 1604 - φ10	1603 - φ30	1601 - φ20; 1602 - φ20	1607 - φ30; 1602 - φ40	1609 φ30	1703-φ10; 1704 φ10; 1701
M5	R	1606 - φ10; 1603 - φ20	1602 - φ10	1607 φ20; 1601 - φ30	1602 φ30; 1607 - φ40	1609 φ20; 1705 - φ10	
M5	P	1606 - φ10; 1603 - φ20	1602 - φ10	1607 φ20; 1601 - φ30	1602 φ30; 1607 - φ40	1609 φ20	1705 - φ10
M3	R	1503 φ30; 1608 - φ10; 1505 - φ20	1610 - φ20	Formation; 1608 - φ30	1606 - φ40; 1603 - φ50	1601 - φ50	
M3	P	1503 φ30; 1608 - φ10; 1505 - φ20	1610 - φ20	Formation; 1608 - φ30	1606 - φ40; 1603 - φ50	1601 - φ50	1604 - φ40; 1611 - φ20
M4	R	1503 - φ40	1605 - φ30	1606 - φ30	1604 - φ30	Congés	
M4	P	1503 - φ40	1605 - φ30	1606 - φ30	1604 - φ30	Congés	
M6	R	1505 - φ10; 1610 - φ10; 1503 - φ50	1608 - φ20	1603 - φ40	1608 φ40; 1601 - φ40	1611 - φ10	
M6	P	1505 - φ10; 1610 - φ10	1503 - φ50; 1608 - φ20	1603 - φ40	1608 φ40; 1601 - φ40	1611 - φ10	1604

* P : Planning prévisionnel
* R : Réalisation

Donner les informations permettant la réalisation des produits

Pour une meilleure utilisation des bandelettes, il est conseillé d'inscrire, sur chacune d'entre elles, les informations permettant

- de travailler (N° de Produit, N° d'OF, N° de phase, Quantité à fabriquer) ;
- de planifier (N° du moyen, Date de début de la phase, éventuellement la durée de la phase ou sa date de fin).

5. Engagements de livraison

Dans la première partie de l'étude de cas, nous avons constaté que, pour la période d'étude, les moyens étaient, pour la plupart, en sous-charge. Pourtant, le résultat de la planification nous montre que nous ne tenons pas les délais imposés pour les fabrications dans la deuxième semaine.

Conclusion : *une bonne planification des charges n'implique pas d'avoir une bonne planification des flux.*

6. Planification de la maintenance

La date de la maintenance n'étant pas imposée, nous la considérerons comme un OF à part entière et nous le placerons en dernier (priorité aux fabrications).

Lors de l'établissement du planning nous constatons qu'il est possible d'effectuer la maintenance le Mercredi de la semaine 2000-16.

7. Commentaires sur les délais d'obtention des produits

La sous-traitance n'étant, dans notre cas, pas envisageable, il faut trouver des solutions internes.

Une première solution consiste à augmenter, dans le fichier article, les délais d'obtention des produits. Cela nous conduira vers un allongement des délais d'obtention des produits finis augmentant ainsi les en-cours de production (augmentation des risques financiers de l'entreprise).

Une autre solution consiste à diminuer le délai total de réalisation des OF en faisant du recouvrement de fabrication (taille du lot de transfert inférieur à la taille du lot de fabrication). Cela revient à déterminer, pour chaque OF ne pouvant être réalisé dans les délais, la taille du lot de transfert qui permet de réaliser effectivement l'OF dans les délais imposés.

Conclusion : *il est évident qu'il faut choisir la deuxième solution lorsque les délais le permettent et n'avoir recours à la première que lorsque la deuxième solution n'est pas applicable.*

Troisième partie

1er type de suivi

8. Détermination temps de travail hebdomadaire de chaque opérateur de poste

OF	Sem 2000-15	M1	M2	M3	M4	M5	M6	Total
OF 15-03	8,00			1,00	4,20		4,90	18,10
OF 15-05	6,80			5,90			3,00	15,70
OF 16-01		4,10	3,30	2,90		4,00	3,90	18,20
OF 16-02			2,90 4,80			6,00 2,00		15,70
OF 16-03			4,00 4,00	3,50		4,80	5,10	21,40
OF 16-04		5,00	3,50		6,90			15,40
OF 16-05		3,00	2,10		6,80			11,90

OF	Sem 2000-15	M1	M2	M3	M4	M5	M6	Total
OF 16-06		4,10		2,80	8,00	4,80		19,70
OF 16-07		2,00 3,00	4,00			2,00 3,00		14,00
OF 16-08				3,00 4,30			4,10 2,00	13,40
OF 16-09		0,80	1,90			2,00		4,70
OF 16-10				3,10			3,10	6,20
Congés					2,50			2,50
Formation				3,50				3,50
	14,80	22,00	30,50	30,00	28,40	28,60	26,10	

En cours – non connu en début de semaine 2000-17

OF 16-11							3,80	3,80
OF 17-05						2,50		2,50
		22,00	30,50	30,00	28,40	31,10	29,90	

9. Commentaires sur la détermination des temps de présence des ouvriers

On voit que ce type de suivi est idéal pour déterminer les temps passés sur chaque OF. Malheureusement, il ne montre pas l'activité totale des opérateurs car on n'indique, sur ces fiches suiveuses, que les temps réellement consacrées à la production.

2e type de suivi

10. Détermination du temps passé par OF réalisé pendant la semaine 2000-16

OF	Sem 2000-15	M1	M2	M3	M4	M5	M6	Total
OF 15-03	8,00			1,00	4,20		4,90	18,10
OF 15-05	6,80			5,90			3,00	15,70
OF 16-01		4,30	3,10	2,90		4,00	3,90	18,20
OF 16-02			3,10 5,20			6,00 2,00		16,30
OF 16-03			4,20 4,20	3,50		5,00	5,10	22,00
OF 16-04		5,10	3,50		7,10			15,70
OF 16-05		3,10	2,10		7,10			12,30
OF 16-06		4,30		2,80	8,10	5,00		20,20
OF 16-07		2,10 3,10	4,20			2,00 - 3,00		14,40
OF 16-08				3,00 4,80			4,10 2,00	13,90
OF 16-09		1,00	2,10			2,00		5,10
OF 16-10				3,10			3,10	6,20
OF 16-11							3,80	3,80
OF 17-05						2,50		2,50
Congés					2,50			2,50
Formation				3,50				3,50

OF	Sem 2000-15	M1	M2	M3	M4	M5	M6	Total
Entretien		0,50 1,60 7,00 1,90	0,70 0,10 0,70 1,00	1,00 2,50	2,80 1,90 0,30	1,40 0,90 0,20	0,90 0,30 1,50 1,40	28,60
		34,00	34,20	34,00	34,00	34,00	34,00	

11. Commentaires par rapport aux données réputées exactes du premier type de suivi

Les opérateurs étant tenus de justifier un temps de travail qui est égal à la capacité réelle (en accord avec la Direction) ont tendance à ne pas vouloir « montrer » qu'ils ne travaillent pas lors de la synchronisation des phases d'un OF. En conséquence, ils augmenteront naturellement lorsque cela est possible les temps de réalisation des OF (faussant ainsi les résultats de détermination des temps passés sur les OF).

Conclusion

12. Conseil dans le choix du type de suivi de production à mettre en place

Aucun des deux types de suivi n'est idéal pour assurer les deux fonctions attendues par un directeur d'entreprise. En conséquence, il faut conseiller de mettre les 2 plannings en place en dissociant réellement les deux fonctions (de ce fait la feuille de pointage peut se simplifier en n'indiquant pas les OF sur lesquels les opérateurs ont travaillé.

BIBLIOGRAPHIE



BAGLIN G., BRUEL O., GARREAU A., GREIF M., KERBACHE L., Van DELFT C.
Management industriel et logistique
Édition Economica – 5e édition – 2007

BARANGER P.
Gestion de la production
Vuibert Entreprise – 1995

BELT B., BRUN F.
Gérer l'interface Commercial/ Production
Cabinet Bill Belt SA

BERNAD J., PAKER M.
Les plannings
Les Éditions d'Organisation – 1985

BLONDEL F.
Gestion de la production
Dunod Entreprise – 5e édition – 2007

BOYER L., POIREE M., SALIN E.
Précis d'organisation et gestion de la production
Les Éditions d'Organisation – 1988

CARILLON J.P.
Le juste à temps dans la gestion des flux industriels
Éditions Hommes et Techniques – 1987

CHARRIER J.C., KEMOUNE K.
Maîtriser l'organisation industrielle – La méthode TOH
Éditions d'organisation - Paris - 1989

COURTOIS A., MARTIN-BONNEFOUS C., PILLET M.
Gestion de production
Éditions d'organisation – 4e édition – 2006

DEHERRIPON P.
Fabriquer – Pilotez l'organisation de votre production
Éditions d'organisation – 1987

FRAISSE H.
Manuel de l'ingénieur d'affaires
Garnier Entreprise – 1983

GIARD Vincent
Gestion de la production et des flux
Éditions Economica – 3e édition – 2003

GOLDRATT M., COX J.
Le but, un processus de progrès permanent
AFNOR Gestion – 3e édition – 2006

GROOVER M.P.
Automatisation et systèmes de production – Volume 1
Éditions Hermes – 1981

HEUDE R.
Comment mettre en place une gestion informatique des stocks
Éditions de l'Usine Nouvelle – 1983

IMAI Masaaki
KAIZEN, la clé de la compétitivité japonaise
Éditions Eyrolles – 1992

INSEE
Nomenclatures d'activités et de produits
INSEE – Édition 2008

JAVEL G.
Pratique de la gestion industrielle – Organisation, méthodes et outils
Dunod Entreprise – 2003

LAMBERT P.
La fonction Ordonnancement
Éditions d'organisation – 1993

LEQUEUX Jean Louis
Manager avec les ERP
Éditions d'organisation – 1999

LISSARRAGUE Jean
Qu'est ce que le PERT ?
Dunod Entreprise – 1993

LORINO Philippe
Le contrôle de gestion stratégique – La gestion par les activités
Éditions Dunod – 1996

MARTIN André J.
Distribution Resource Planning (DRP, le moteur de l'ECR)
Diffusion ASLOG – 1996

MONCHY François
Maintenance – Méthodes et organisations
Éditions Dunod – 2e édition – 2000

MORIN M.
Les magasins de stockage
Éditions Pierre Dubois – Éditions d'organisation - 1987

NAKAJIMA Seiichi
La Maintenance Productive Totale
AFNOR – 1986

OSADA Takashi
Les 5S, première pratique de la qualité totale
Éditions Dunod - 1993

PILLET Maurice
Appliquer la maîtrise statistique des procédés
Éditions d'organisation – 4e édition – 2005

PRIMOR Y.
Logistique – Techniques et mise en œuvre
Éditions Dunod – 2e édition – 2001

QUALIGUIDE
Guide pratique du management de la qualité
Collection normes & projets – 2001

QUALIGUIDE
Les prix de la qualité
Dossier N° 82 – octobre 1996

SHINGO S.
Le système POKA-YOKE – Zéro défaut = Zéro Contrôle
Les Éditions d'organisation – 1987

SHINGO S.
Le système SMED – Une révolution en gestion de production
Les Éditions d'organisation – 1987

SHINGO S.
Maîtrise de la production et méthode Kanban
Les Éditions d'organisation – 1983

TIXIER D., MATHE H., COLIN J.
La logistique d'entreprise – Vers un management plus compétitif
Éditions Dunod – 2e édition -1998

WALDNER J.B.
CIM - Les nouvelles perspectives de la production
Éditions Dunod – 1990

WIGHT O.
Réussir sa gestion industrielle par la méthode MRP2
Éditions de l'Usine Nouvelle

ZAIDA A.
SPC - Concepts, méthodologies et outils
Techniques et documentation – Lavoisier - 1989

ZERMATTI P.
Pratique de la gestion des stocks
Éditions Dunod – 6e édition – 2001

INDEX

Numériques

N

O

P

Q

R

S